UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

LUCIANA MENDONÇA DA SILVA

**Influência da solução de clorexidina a 2% na resistência adesiva de
pinos de fibra de vidro em raízes bovinas: acompanhamento
imediato, 6 meses e 1 ano**

BAURU
2013

LUCIANA MENDONÇA DA SILVA

**Influência da solução de clorexidina a 2% na resistência adesiva de
pinos de fibra de vidro em raízes bovinas: acompanhamento
imediato, 6 meses e 1 ano**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Paulo A. Silveira Francisconi

Versão Corrigida

BAURU
2013

Si38l Silva, Luciana Mendonça da
Influência da solução de clorexidina a 2% na
resistência adesiva de pinos de fibra de vidro em
raízes bovinas: acompanhamento imediato, 6
meses e 1 ano / Luciana Mendonça da Silva. –
Bauru, 2013.
86 p. : il. ; 31cm.

Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia
de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Paulo Afonso Silveira
Francisconi

Nota: A versão original desta dissertação encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a
reprodução total ou parcial desta tese, por processos
fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Rozenaldo** e **Eliany**, que me deram todo o incentivo e suporte para mais esta conquista. Ter chegado até aqui é uma forma simples de agradecê-los por terem me proporcionado a melhor educação e formação. Tudo o que sou tenho hoje vem de casa. Essa vitória é de vocês também. Com amor.

Ao meu marido, **Leandro Martins**, meu grande incentivador, meu amor e melhor amigo. Obrigada pela força, pelas instruções, pelas horas de companhia e pela dedicação que tu me deste para a realização deste trabalho. Viver contigo e trabalhar contigo me faz ser melhor a cada dia. Cresceremos e envelheceremos juntos. Com a nossa família. Te amo muito.

Aos meus irmãos, **Fabíola** e **Danilo**, por toda a cumplicidade que se compartilha com irmãos. Obrigada pelas alegrias e pela motivação para concluir este trabalho. E ao meu sobrinho, **Matias**, agradeço por ter entrado em minha vida e me proporcionado amor e felicidade indescritíveis.

À minha avó **Olga**, agradeço por me mostrar força, amor e admiração, sempre na torcida pelas minhas vitórias. E ao meu avô, **Rayol** (*in memoriam*), que me acompanha desde o início desta conquista. Obrigada por todos os momentos de alegrias e gargalhadas que tivemos juntos. A saudade é grande. Aos meus avós, **Alice** e **Alonso** (*in memoriam*), que devem estar orgulhosos da minha trajetória, muito obrigada.

Aos meus tios e primos, que sempre me incentivaram e torceram por mim. Tios **Juninho** e **Glória**, primos, **Matheus** e **Rayol Neto**, obrigada pela presença de sempre, dividindo alegrias e me enchendo de carinho.

Meus amigos, **Adriana**, **Andréa** e **Gustavo**, com os quais dividi minhas conquistas e preocupações ao longo da minha formação profissional e pessoal, não tenho palavras para descrever minha gratidão. Nossa amizade é eterna. Obrigada pelos meus sobrinhos! Amo vocês.

Aos meus sogros e novos pais, **João e Marleni**, por terem me recebido nesta família, e pela torcida constante pela minha felicidade e pelo meu sucesso. Muito obrigada!

Às amigas, **Luciana Francisconi, Flávia Nahsan e Polliana Scaffa**, com quem vivi momentos de alegria, obrigada por estarem sempre presentes e disponíveis. Estaremos sempre juntas, mesmo que a vida nos tenha colocado em lugares tão distantes. Saudades! Torço por vocês.

Karin, Leslie, Paula, Luaninha, Max, Luis, Cintinha, Paulo Maurício, Kiki, grandes amigos que ganhei em Bauru. Sinto saudades da nossa convivência, mas sei que teremos inúmeras oportunidades de estarmos juntos. Obrigada por fazerem parte dessa conquista.

Paulo Francisconi, meu querido orientador, me ensinou que a simplicidade dentro do meio profissional nos engrandece e faz ser admirados. Me deu as melhores aulas de materiais dentários, cuidou de mim como orientada e filha agregada. Me acolheu em sua família e me deu todo o apoio para que eu pudesse passar por um dos momentos mais importantes da minha carreira profissional. Hoje, como professora, procuro seguir os seus passos. Muito obrigada por tudo.

Às amigas **Linda Wang e Teresa Atta**, duas pessoas maravilhosas por quem tenho profunda admiração. Agradeço por todos os momentos que passamos juntas, trocando experiências pessoais, profissionais e receitas maravilhosas.

Thales e Diana, meus queridos 'orientados' que se tornaram amigos. Sem vocês dois, nada disso teria sido possível. Obrigada pela agradável companhia nos dias intermináveis de laboratório. Vocês têm a determinação necessária para se tornarem profissionais de muito sucesso. Estarei sempre à disposição.

Aos **Professores da Dentística e Materiais Dentários** da Faculdade de Odontologia de Bauru, que tanto admiro, nunca pensei que fosse possível estar próxima de minhas referências na Odontologia. Ter sido muito bem recebida por vocês me enche de orgulho. Obrigada por todos os ensinamentos que me concederam.

Aos **funcionários da Dentística e Materiais Dentários** da Faculdade de Odontologia de Bauru, pela assistência, pelo acolhimento e pelos anos de amizade.

Aos meus professores, amigos e parceiros de trabalho, **Professores da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Amazonas**, voltar para trabalhar na casa onde me formei me faz sentir imensamente feliz e realizada. Batalhei muito por isso. Espero poder retribuir a esta família todas as conquistas que alcancei baseadas na minha formação.

Meus **queridos alunos** da Faculdade de Odontologia da UFAM, que fazem com que eu tenha força e vontade de crescer, sempre buscando aperfeiçoamento pessoal e profissional. Essa conquista é para vocês.

Ao professor **José Roberto Pereira Lauris**, meu agradecimento por ter conduzido as análises estatísticas do meu trabalho.

Ao **Centro Integrado de Pesquisa (CIP)**, da Faculdade de Odontologia de Bauru, por me permitir toda a realização dos testes deste trabalho.

Ao **Curso de Geologia**, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas, por me permitir o uso do microscópio por emissão de campo Quanta 250 – FEG para as análises em microscopia eletrônica de varredura.

À **Capes**, coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior, por todo o apoio financeiro durante os anos de doutorado.

Às empresas **Ângelus** e **3M ESPE** pelo apoio com material para realizar esta pesquisa, meu muito obrigada.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da solução de clorexidina a 2% na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso convencional utilizando três diferentes sistemas adesivos (2 convencionais e 1 autocondicionante), no período de 7 dias, 6 meses e 1 ano. Foram selecionadas 180 raízes bovinas, que foram tratadas endodonticamente e divididas em 6 grupos (n=30): MP, sistema adesivo (SA) convencional de 3 passos (ScotchBond Multi Uso); SB, SA convencional de 2 passos (Single Bond); SE, SA autocondicionante de 2 passos (Clearfil SE Bond); MP-CHX, SB-CHX e SE-CHX, com aplicação da clorexidina (CHX). Em todos os grupos, o pino de fibra de vidro Exacto foi cimentado com cimento resinoso dual RelyX ARC. Cada grupo foi dividido em 3, de acordo com o período experimental, 7 dias, 6 meses e 1 ano (n=10). Após a obtenção de fatias com 1mm de espessura, os espécimes foram submetidos ao teste de *push-out* (100kg, 0,5mm/min). Os tipos de falhas foram analisados em microscópio ótico de luz (40x) e classificados em: adesiva cimento/dentina; adesiva cimento/pino; coesiva em dentina ou cimento, e mista. Os valores, convertidos em MPa, foram analisados pelo teste ANOVA a 4 critérios e teste de Tukey para comparação das médias, com nível de significância de 5%. Não houve diferença estatística com o uso da CHX para os SAs convencionais testados, nos períodos de 7 dias, 6 meses e 1 ano ($p>0,05$). Dentre os SA, o MP foi o que se manteve constante com ou sem CHX ($p>0,05$). Houve diminuição de resistência adesiva no terço cervical, em 1 ano, e no terço apical em 7 dias do SE-CHX ($p<0,05$). Pode-se concluir que o uso da CHX pareceu não interferir na resistência adesiva dos SAs testados, exceto para o SA autocondicionante, em 7 dias e 1 ano.

Palavras-chave: Adesivos dentinários. Clorexidina. Técnica para retentor intrarradicular.

ABSTRACT

2% chlorhexidine influence on fiber posts bond strength to bovine roots: immediate, 6-month and 1-year-aging

The aim of this work was to evaluate the 2% chlorhexidine influence on fiber posts bond strength luted with a resin cement, with three different dentin bonding systems (2 etch-and-rinse and 1 self-etching), with 7-day, 6-month and one-year-aging. One hundred and eighty bovine roots were endodontically treated and randomly assigned to 6 groups (n=30): MP, three-step etch-and-rinse dentin bonding system (DBS) (ScotchBond Multi Uso); SB, two-step etch-and-rinse DBS (Single Bond); SE, two-step self-etching DBS (Clearfil SE Bond); MP-CHX, SB-CHX and SE-CHX, with chlorhexidine (CHX) application. Exacto fiber posts were luted with dual cure resin cement RelyX ARC in all groups. Each group was divided in three, according to aging (n=10). After obtaining 1mm-thick slices, push-out test was carried out (100kg, 0,5mm/min). Failure modes were assessed under light microscopy (40x) and classified in: adhesive to dentin; adhesive to post; cohesive in dentin or cement, and mixed failure. Values were converted to MPa and analyzed by 4-way ANOVA and Tukey's test for multiple comparisons, at 5% significance level. There was no difference with the use of CHX for tested etch-and-rinse DBSs, after 7-day, 6-month and one-year-aging ($p>0,05$). Among DBSs, MP presented constant values ($p>0,05$). SE-CHX presented significant lower bond strength values on the cervical third, at one year, and apical third at 7 days ($p<0,05$). It can be concluded that CHX use seemed not to interfere bond strength values of all materials tested, except for the self-etch DBS, after 7 days and one year-aging.

Key words: Dentin-bonding agents. Chlorhexidine. Post and core technique.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	Uso de pinos e cimentação adesiva	25
2.2	Enzimas proteolíticas da matriz de colágenos e seus efeitos na interface adesiva.....	28
2.3	Polimerização e testes de resistência adesiva	33
3	PROPOSIÇÃO	37
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1	Delineamento experimental	43
4.2	Seleção dos dentes	43
4.3	Preparo das raízes.....	43
4.4	Distribuição dos grupos	44
4.5	Preparo dos condutos e pinos	45
4.6	Teste de resistência à extrusão (<i>push-out</i>).....	46
4.7	Conversão dos valores	47
4.8	Análise das falhas.....	48
4.9	Análise estatística.....	49
5	RESULTADOS	51
6	DISCUSSÃO	61
7	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS.....	77

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

Normalmente, o dente com grande destruição coronária e tratamento endodôntico precisa ser reconstruído, muitas vezes, com a necessidade de utilizar o conduto radicular como local de escolha para a fixação de pinos pré-fabricados, núcleos metálicos fundidos ou fibras de reforço, com a finalidade de obter retenção para o material restaurador. Ou seja, dentes com pouca estrutura dentária remanescente necessitam da cimentação de um pino para que sustente a restauração coronária (SCHWARTZ e ROBBINS, 2004).

A opção por materiais para estes casos passou desde a utilização de materiais rígidos, como ouro e dióxido de zircônia, para o uso de materiais que têm características mecânicas que mais se assemelham às características da dentina, como os pinos de fibra de vidro (BELL *et al.*, 2005).

O uso de pinos de fibra de vidro tem sido demonstradas em estudos laboratoriais (HAYASHI *et al.*, 2006; KREMEIER *et al.*, 2008) e clínicos (MANNOCCI *et al.*, 2005a; NAUMANN *et al.*, 2005). Algumas das características mais importantes dos pinos de fibra de vidro são o módulo de elasticidade mais semelhante ao da dentina (ASMUSSEN *et al.*, 1999) e a capacidade de adesão à dentina por meio da técnica adesiva de cimentação desses pinos (FERRARI *et al.*, 2001a). Além disso, esses pinos são facilmente removidos, com o uso de pontas ultrassônicas ou instrumentos rotatórios de desgaste posicionados bem no centro do pino (SCHWARTZ e ROBBINS, 2004), e oferecem as propriedades óticas mais favoráveis para a reprodução do aspecto natural dos dentes restaurados (VICHI *et al.*, 2000).

O uso desses pinos diminui a probabilidade de fraturas radiculares, pois as características dos pinos de resina reforçada por fibras fazem com que as tensões geradas pelas forças mastigatórias sejam distribuídas ao longo da raiz, fazendo com que a falha ocorra no pino e permitindo reparo da restauração (MONTICELLI *et al.*, 2003).

A fixação desses pinos é feita por meio da adesão à dentina radicular e, com isso, grande interesse tem sido despertado no estudo dos materiais envolvidos nesse processo como os sistemas adesivos e os cimentos resinosos (GORACCI *et al.*, 2004). Dessa forma, se espera resultados satisfatórios de resistência adesiva entre as paredes dos pinos e as paredes dentinárias do canal radicular. A utilização

de sistemas adesivos associados aos cimentos resinosos promove uma efetiva união à dentina radicular, sendo um fator de relevância para a cimentação adesiva. Por isso, o procedimento adesivo também pode influenciar diretamente na retenção dos pinos intrarradiculares (FERRARI e MANNOCCI, 2000).

Esta efetiva união pode ser influenciada por alguns fatores como o tipo de pino de fibra (MANNOCCI *et al.*, 2005b), as condições da dentina radicular e a orientação dos túbulos dentinários ao longo do conduto preparado (FERRARI *et al.*, 2001a; GORACCI *et al.*, 2004), e a técnica adesiva e materiais utilizados, que podem, ou não, afetar o comportamento dos sistemas adesivos e cimentos resinosos (BITTER *et al.*, 2006).

A desunião ao longo da interface cimento resinoso e dentina tem sido relatada como o modo de falha clínica mais frequente de restaurações com pinos cimentados por meio da técnica adesiva (MONTICELLI *et al.*, 2003). Alguns estudos têm demonstrado que a perda da integridade de união resina-dentina possa ser o efeito combinado da deterioração hidrolítica dos componentes resinosos após a sorção de água (MALACARNE *et al.*, 2006) e da degradação das fibrilas colágenas expostas em camadas híbridas infiltradas incompletamente pelo adesivo (HASHIMOTO *et al.*, 2003; WANG e SPENCER, 2003). Este último efeito vem sendo atribuído à atividade proteolítica endógena (PASHLEY *et al.*, 2004). Dentre as enzimas potencialmente envolvidas no processo de metabolismo e remodelação do colágeno dentinário, os estudos se concentram em compreender a ação das metaloproteinases da matriz (MMPs) (MARTIN-DE LAS HERAS *et al.*, 2000; PASHLEY *et al.*, 2004) encontradas na dentina coronária (SULKALA *et al.*, 2007) e radicular (SANTOS *et al.*, 2009), e, mais recentemente, das cisteíno-catepsinas (SCAFFA *et al.*, 2012; TERSARIOL *et al.*, 2010).

Uma característica particular é estabelecida quando se faz o condicionamento ácido dos substratos dentinários. Com a remoção da porção mineral e a exposição das fibrilas colágenas desprotegidas, essas enzimas podem ser reativadas, iniciando a degradação do colágeno com o passar do tempo (CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b; HANNAS *et al.*, 2007; HEBLING *et al.*, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2011).

A fim de minimizar os efeitos dessa degradação, alguns estudos *in vitro* e *in vivo* têm evidenciado a eficácia no uso de inibidores enzimáticos (CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b). A utilização da solução de digluconato de

clorexidina (CHX) tem demonstrado uma melhora na longevidade da união de restaurações adesivas pela inibição da atividade das MMPs (BRESCHI *et al.*, 2010; CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b; CECCHIN *et al.*, 2011a) e cisteíno-catepsinas (SCAFFA *et al.*, 2012) presentes na camada híbrida .

Estudos já demonstraram que a aplicação da CHX não influenciou negativamente a resistência de união de pinos cimentados com cimentos resinosos frente a testes de resistência à extrusão (LEITUNE *et al.*, 2010; LINDBLAD *et al.*, 2010). No entanto, não há evidências a respeito da durabilidade da adesão quando aplicada na cimentação de pinos intrarradiculares (CECCHIN *et al.*, 2011b). Portanto, o objetivo neste estudo foi o de analisar o efeito do uso de solução de clorexidina a 2% combinado a três categorias de sistemas adesivos mais utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro, nos períodos de 7 dias, 6 meses e 1 ano.

2 Revisão de Literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de pinos e cimentação adesiva

Os pinos de fibra de vidro tiveram um aumento na sua popularidade nos últimos anos devido à possibilidade de serem utilizados em procedimentos estéticos, assim como em restaurações totalmente cerâmicas. Esses pinos não são visíveis através dessas restaurações garantindo, portanto, melhor resultado estético do que os pinos metálicos ou de fibra de carbono. Os pinos cerâmicos também oferecem boa estética e são mais resistentes, mas são mais rígidos que os de fibra e mais difíceis de aderir ao cimento resinoso (PURTON *et al.*, 2000; TEIXEIRA *et al.*, 2006).

Existem muitos fatores que podem influenciar o sucesso de restaurações de dentes tratados endodonticamente. Segundo Goodacre *et al.* (2003), a adesão entre cimento e pino é um desses fatores, que foi relatado como uma causa comum de falhas desses sistemas. Também, a quantidade de remanescente coronário sabidamente influencia a estabilidade do conjunto dente / cimento / restauração; e o uso de pinos não aumenta a resistência à fratura, ao contrário do que já foi proposto (GOTO *et al.*, 2005).

Como observado em um estudo de Martelli *et al.* (2008), o uso de núcleos metálicos fundidos comparado ao uso de pinos de fibra de vidro com reconstrução coronária em resina apresentou padrões de fraturas menos favoráveis, com 100% das fraturas ocorridas abaixo do espaço biológico. Ainda, os dentes restaurados com pinos de fibra de vidro tiveram as propriedades melhoradas quando foram utilizados pinos acessórios para minimizar a linha de cimento.

Da mesma forma, Santos-Filho *et al.* (2008) analisaram os modos de fratura e deformação de raízes restauradas com núcleos metálicos fundidos, pinos metálicos e pinos de fibra de vidro, em variadas profundidades de cimentação. Foi constatado que a restauração de raízes com núcleos metálicos fundidos resultou em fraturas radiculares enquanto que as que foram restauradas com pinos de fibra de vidro apresentaram fraturas, passíveis de reparação, dos pinos ou do núcleo de preenchimento de resina.

Desta forma, os pinos de fibra de vidro são uma alternativa bastante viável, com sua aceitação consolidada por clínicos e pesquisadores, devido a algumas vantagens desses sistemas de retenção. Dentre as principais vantagens,

os pinos de resina reforçada por fibra apresentam resistência à corrosão e hipersensibilidade, em casos de alergia; bons resultados estéticos; facilidade de remoção para casos de retratamento endodôntico; cimentação e restauração em sessão única (BALBOSH e KERN, 2006). Esses pinos também apresentam módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, e estudos mostram que eles distribuem melhor as forças mastigatórias na dentina radicular, diminuindo o risco de fraturas (SCHWARTZ e ROBBINS, 2004). As restaurações com pinos de resina reforçada por fibras têm demonstrado sucesso satisfatório após períodos relativamente longos de acompanhamento clínico (CAGIDIACO *et al.*, 2008). Este sucesso clínico pode estar, principalmente, associado ao comportamento biomimético dos pinos de resina reforçada por fibras (DIETSCHI *et al.*, 2008).

A fixação dos pinos de resina reforçada por fibras é feita por meio da adesão à dentina radicular e, com isso, grande interesse tem sido despertado no estudo dos materiais envolvidos nesse processo como os sistemas adesivos e os cimentos resinosos (GORACCI *et al.*, 2004).

Estes pinos são passivamente assentados, por meio da cimentação, no interior do canal radicular, portanto, a efetividade do sistema adesivo e do cimento resinoso e dos procedimentos de cimentação são de extrema importância para o desempenho clínico dessas restaurações (BELL *et al.*, 2005; GORACCI e FERRARI, 2011). Não obstante, o alcance de uma adesão estável à dentina radicular, principalmente no terço apical, ainda é o maior desafio clínico dessas restaurações, devido aos efeitos negativos de vários fatores envolvidos na cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibras (GORACCI e FERRARI, 2011).

Os adesivos dentinários têm sido os grandes responsáveis pelo sucesso de diversos materiais e técnicas. A utilização de sistemas adesivos associados aos cimentos resinosos promove uma efetiva união à dentina radicular, sendo um fator de relevância para a cimentação adesiva. Por isso, a seleção do sistema adesivo também pode influenciar diretamente na retenção dos pinos intracanaís diretos (FERRARI e MANNOCCI, 2000; MANNOCCI *et al.*, 2003). Diversos pinos pré-fabricados, como os de fibra de carbono e vidro, apresentam uma interação com os sistemas adesivos, promovendo maior retentividade e facilitando a sua incorporação na intimidade da raiz, simplificando a técnica (MONTICELLI *et al.*, 2005).

Dentre as principais causas de falhas relatadas com o uso de pinos de fibra de vidro em estudos *in vitro* e *in vivo*, a perda de adesão é a mais comum

(FERRARI *et al.*, 2000b; GORACCI *et al.*, 2005b). A ação do hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), ou outros irrigantes endodônticos (MORRIS *et al.*, 2001), cimentos endodônticos (DIMITROULI *et al.*, 2011), presença de lama dentinária espessa, o controle de umidade, o fator-C desfavorável (TAY *et al.*, 2005), as condições peculiares de hidratação da dentina radicular após remoção pulpar, o tipo de material utilizado para condicionar a dentina, a tensão causada pela contração de polimerização de cimentos resinosos no interior do canal ocasionada pelo fator de configuração cavitária desfavorável, e as propriedades químicas e físicas dos pinos, são variáveis que podem influenciar a qualidade de adesão na interface pino-cimento resinoso-adesivo-dentina (BOUILLAGUET *et al.*, 2003).

A composição dentinária também pode influenciar na qualidade da adesão alcançada pela cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibra. Ferrari *et al.* (2000a) relataram que a densidade dos túbulos na região coronária da dentina radicular é maior que na região apical. Além disso, o diâmetro desses túbulos diminui à medida que vão se direcionando para o ápice. Com isso, a reação ao condicionamento ácido e a resistência adesiva de cimentos resinosos à dentina radicular podem variar ao longo da região radicular (VICHÍ *et al.*, 2002), sendo maior no terço cervical e menor nas regiões mais apicais (BOUILLAGUET *et al.*, 2003).

Além disso, há relatos de uma diminuição dos valores de resistência adesiva nas regiões mais apicais quando comparadas às regiões cervicais, possivelmente pelo fato do limitado acesso da luz à essa região, levando a uma polimerização deficiente do cimento resinoso (GORACCI *et al.*, 2004).

Ainda, um baixo grau de conversão não necessariamente reduz a retenção dos pinos (FARIA E SILVA *et al.*, 2007). O fator-C (razão entre as superfícies aderidas e as superfícies livres de uma cavidade) é crítico quando é maior que 5 (FEILZER *et al.*, 1987). No conduto radicular, o fator-C é sempre crítico (BOUILLAGUET *et al.*, 2003; TAY *et al.*, 2005). Dependendo do diâmetro e profundidade do conduto, o fator-C pode variar de 20 a 100 (MORRIS *et al.*, 2001) e até exceder 200 (BOUILLAGUET *et al.*, 2003), representando uma situação clínica bastante desfavorável. As tensões de contração no espaço confinado de um conduto radicular podem exceder o valor da resistência adesiva entre cimento e dentina, resultando na perda de adesão (BOUILLAGUET *et al.*, 2003). Nas regiões mais apicais, um baixo grau de conversão pode até ser uma vantagem, já que as tensões

resultantes da polimerização serão menores, reduzindo o impacto do alto fator-C (LE BELL *et al.*, 2003).

2.2 Enzimas proteolíticas da matriz de colágeno e seus efeitos na interface adesiva

A obtenção de uma adequada adesão e sua longevidade ainda constituem desafios marcantes (CHERSONI *et al.*, 2005; D'ARCANGELO *et al.*, 2008; DE MUNCK *et al.*, 2003). Os procedimentos adesivos apresentam muitas limitações nas suas aplicações pelas dificuldades de técnica, controle de umidade e o próprio conhecimento e manipulação por parte do profissional (DE MUNCK *et al.*, 2003; HASHIMOTO *et al.*, 2006).

Um dos pontos críticos recai sobre a degradação da interface adesiva (HASHIMOTO *et al.*, 2006). Sob este aspecto, nos últimos anos, atenção especial vem sendo atribuída às metaloproteinases (MMPs) e seu papel na degradação destas interfaces (CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b; HANNAS *et al.*, 2007; HEBLING *et al.*, 2005).

Embora a fase orgânica da dentina seja principalmente formada por colágeno do tipo I (aproximadamente 90%), proteínas não colágenas da matriz de dentina desempenham um papel importante como mediadoras na interação da dentina com células, durante sua maturação e mineralização (BOSKEY, 1991).

As metaloproteinases são proteínas que agem como moduladoras tanto no processo de formação de dentina e função dos odontoblastos como na degradação de colágeno. Na fase de formação de dentina, as metaloproteinases agem na degradação do colágeno tipo III que teria apenas uma função provisória inicial. Sua degradação é desejada para que a mineralização de dentina possa ser processada (TJADERHANE *et al.*, 1998). As MMPs são uma classe de endopeptidases dependentes de zinco e cálcio (SORSA *et al.*, 2004) e estão aprisionadas no interior da matriz mineralizada da dentina (SORSA *et al.*, 2004), encontradas tanto na dentina coronária (SULKALA *et al.*, 2007) quanto na dentina radicular (SANTOS *et al.*, 2009).

Estas enzimas proteolíticas desempenham um importante papel em inúmeros processos fisiológicos e patológicos que ocorrem em dentina, incluindo a degradação das fibrilas colágenas expostas nas camadas pobremente infiltradas

pelos sistemas adesivos após o condicionamento ácido (CARRILHO *et al.*, 2007b; HEBLING *et al.*, 2005; MAZZONI *et al.*, 2006; PASHLEY *et al.*, 2004).

A MMP-2 (gelatinase), MMP-8 (colagenase), MMP-9 (gelatinase), MMP-14 e MMP-20 (enamelisinas) estão presentes nos tecidos mineralizados humanos, incluindo a dentina (TJADERHANE *et al.*, 1998), dentre as quais, a MMP-8 se caracteriza como a mais abundante nesse substrato (SULKALA *et al.*, 2007).

Uma vez detectadas as MMPs -2, -8 e -9 nos tecidos mineralizados humanos, Kato *et al.* (2011), analisaram o perfil e atividade das MMPs -2 e -9 na dentina humana e bovina. Seus resultados mostraram que, para a MMP-2, a atividade em dentina coronária e radicular humanas foi 30% maior que nas respectivas dentinas bovinas. Para a MMP-9, entretanto, a atividade total foi similar para todos os substratos testados. Embora esses resultados tenham sido descritivos, os achados indicam que os substratos dentinários humano e bovino podem sim ser utilizados em experimentos onde a atividade dessas MMPs é investigada, em protocolos que envolvam erosão, lesões cariosas e restaurações adesivas.

Outras proteases capazes de degradar componentes da matriz extracelular, as cisteíno-catepsinas (CTs) foram recentemente descritas como participantes adicionais no processo de degradação do colágeno (TERSARIOL *et al.*, 2010). Recentemente, a expressão gênica para diversas cisteíno-catepsinas foi observada em odontoblastos e no tecido pulpar (TERSARIOL *et al.*, 2010). A presença de catepsina B foi reportada em dentina sadia e em dentina cariada, assim como teve sua variação de atividade demonstrada em ambos os tecidos (NASCIMENTO *et al.*, 2011; TERSARIOL *et al.*, 2010). As cisteíno-catepsinas são enzimas que possuem um grupo tiol de um resíduo de cisteína agindo como nucleófilo no mecanismo de catálise, são enzimas lisossomais, que podem degradar proteínas da matriz extracelular como colágeno, laminina, fibronectina e proteoglicanos (DICKINSON, 2002). O colágeno é hidrolizado por collagenases da família das metaloproteinases (MMPs) que clivam a tripla hélice em dois fragmentos $\frac{3}{4}$ e $\frac{1}{4}$. Esses fragmentos são facilmente degradados pelas cisteíno-catepsinas (DICKINSON, 2002). Portanto, é provável que ambas famílias de enzimas (MMPs e cisteíno-catepsinas) participem, conjuntamente, pelo menos, da degradação do colágeno.

Tem sido demonstrado em alguns estudos que a perda da integridade na interface de restaurações adesivas, com o passar do tempo, pode estar associada ao efeito da degradação hidrolítica dos componentes resinosos pela sorção de água (MALACARNE *et al.*, 2006), e à degradação das fibrilas colágenas expostas na camada híbrida parcialmente infiltrada pelo sistema adesivo (HASHIMOTO *et al.*, 2003; WANG e SPENCER, 2003).

Em restaurações adesivas, a degradação da camada híbrida, com perda de resistência adesiva que afeta a longevidade das restaurações é um problema significativo (BRESCHI *et al.*, 2010; CARRILHO *et al.*, 2007a; HASHIMOTO *et al.*, 2003; MALACARNE *et al.*, 2006). Quando a profundidade de desmineralização da dentina excede a capacidade de infiltração dos monômeros resinosos, uma área desmineralizada de dentina livre de resina é formada na base da camada híbrida (WANG e SPENCER, 2003), tanto nos adesivos convencionais (WANG e SPENCER, 2003) quanto nos autocondicionantes (CARVALHO *et al.*, 2005). As fibrilas colágenas expostas sem proteção mineral se tornam suscetíveis à degradação hidrolítica e enzimática, que pode ser mediada pelas enzimas que estão expostas e foram ativadas pelo condicionamento ácido (PASHLEY *et al.*, 2004).

As formas latentes de MMPs e cisteíno-catepsinas (CTs) podem ser ativadas em condições ácidas. As CTs são auto-ativadas em pH baixo, mas são consideradas instáveis em pH neutro (TURK *et al.*, 2000), por outro lado as MMPs são proteases neutras, que podem ser ativadas em pH ácido (pH 2,3-5,5), seguido de neutralização (pH 6,0-7,5) (TJADERHANE *et al.*, 1998). Foi demonstrado que a simples aplicação de sistemas adesivos em substratos dentinários previamente desmineralizados pelo ácido fosfórico pode ativar as MMPs, dando início ao fenômeno de degradação autolítica que afeta a resistência de união das restaurações adesivas (CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b; MAZZONI *et al.*, 2006). Este fato também foi confirmado em um estudo onde, após o acompanhamento de 12 meses, os valores de resistência adesiva de pinos cimentados sem o uso da CHX foi significativamente menor (CECCHIN *et al.*, 2011b).

O condicionamento ácido utilizado nos procedimentos adesivos pode, eventualmente, ativar as MMPs latentes aprisionadas na matriz de dentina porque ambientes com baixo pH induzem a mudanças nas moléculas enzimáticas, expondo seus domínios catalíticos (TJADERHANE *et al.*, 1998). Após o condicionamento

ácido, a perda de mineral expõe a malha de colágeno e as enzimas presentes na dentina são ativadas, cuja ação leva à degradação da porção orgânica, ou seja fundamentalmente do colágeno, que é a principal proteína constituinte da matriz dentinária (CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b; HEBLING *et al.*, 2005; TJADERHANE *et al.*, 1998). A ativação das MMP-2, -8 e -9 contribui para a degradação da matriz orgânica ao longo da interface adesiva resina-dentina (CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b). Portanto, as MMPs exerceriam papel relevante na longevidade das restaurações adesivas, já que estas são realizadas após o condicionamento ácido da superfície dentária a ser restaurada.

A inibição das MMPs pode acarretar em aumento da perspectiva da qualidade e longevidade destas restaurações. Há relatos na literatura de agentes que são capazes de inibir ou ao menos minimizar o efeito da degradação do colágeno tipo I que participa da constituição da camada híbrida (CARRILHO *et al.*, 2007a; CARRILHO *et al.*, 2007b; HEBLING *et al.*, 2005). A clorexidina (CHX) é um agente utilizado de longa data com a finalidade de agir como antimicrobiano. Além desta valiosa ação, sua capacidade de inibição das MMPs a torna mais interessante, e já foi demonstrado em testes de microtração que a sua aplicação na dentina condicionada não afeta negativamente a resistência adesiva de sistemas adesivos à dentina (CARRILHO *et al.*, 2007a).

Apesar do sucesso da CHX em preservar a união dentina resina composta estar sendo creditado principalmente à sua capacidade de inibir a atividade proteolítica das MMPs (GENDRON *et al.*, 1999), sabe-se que essas enzimas não são as únicas proteases presentes na dentina, sendo assim, um estudo recente verificou a capacidade de inibição da CHX sobre as cisteíno-catepsinas (SCAFFA *et al.*, 2012). Nesse estudo, os resultados mostraram uma forte interação entre as cisteíno-catepsinas testadas (catepsinas B, K e L) e a CHX, no entanto essas interações variaram com base na estrutura das enzimas e a inibição da atividade enzimática foi dose-dependente (SCAFFA *et al.*, 2012).

Tem sido sugerido que a CHX inibe as MMPs por meio de um processo de quelatação, onde os íons metálicos como Ca^{2+} e Zn^{2+} , presentes na ativação das MMPs, são sequestrados na presença de baixas concentrações de CHX (i.e. 0,02 a 0,004%) (GENDRON *et al.*, 1999).

Segundo Carrilho *et al.* (2007b), a ação a longo prazo da CHX pode ser explicada pelo confinamento dessa substância na interface adesiva pois é possível

que a remoção do fluxo do fluido dentinário seja minimizada pela formação de projeções de resina no interior dos túbulos (*tags*) obliterando-os. Ainda, os monômeros adesivos que envolvem as fibrilas colágenas tratadas com CHX, bem como a presença de uma camada adesiva sobre a camada híbrida, podem contribuir para que a CHX seja preservada nesta interface prolongando sua ação inibitória (CARRILHO *et al.*, 2007b).

Vários estudos têm sido realizados com o intuito de avaliar os efeitos do uso da CHX na adesão de pinos de resina reforçada por fibras adesivamente cimentados na raiz (CECCHIN *et al.*, 2011a; CECCHIN *et al.*, 2011b; LEITUNE *et al.*, 2010; LINDBLAD *et al.*, 2010; LINDBLAD *et al.*, 2012). Segundo Lindblad *et al.* (2010), o uso da CHX não causou nenhum efeito negativo na resistência adesiva imediata de pinos cimentados adesivamente com cimentos resinosos. Em um estudo subsequente, Lindblad *et al.* (2012) avaliaram o uso da CHX na cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro, com armazenamento de 1 ano, onde foi constatado que apenas um grupo apresentou melhora nos valores de resistência adesiva e os demais não sofreram nenhum efeito negativo com seu uso. Por outro lado, Cecchin *et al.* (2011b) relataram que o uso da CHX e/ou etanol preservou os valores de resistência adesiva pelo período de 12 meses.

Da mesma forma, Wang *et al.* (2013) realizaram um estudo onde foi demonstrado que o uso da CHX não afetou os valores de resistência adesiva iniciais (1 semana) para os sistemas adesivos convencionais de 2 e 3 passos. No entanto, seu uso alterou negativamente os valores para o sistema adesivo autocondicionante, principalmente nos terços mais apicais da raiz. Neste estudo, como os diferentes sistemas adesivos promovem diferentes estratégias de desmineralização e subsequente infiltração da resina adesiva, é esperado que ocorra uma diferente atividade proteolítica das MMPs em níveis distintos. Isso pode resultar em diferenças na infiltração das fibrilas desnudas.

Em 2009, Garcia *et al.* (2009) analisaram o efeito da CHX na atividade proteolítica das MMPs em dentina cariada coronária e radicular. Os resultados demonstraram um efeito positivo com o uso da CHX, diminuindo a atividade proteolítica das MMPs sobre a dentina cariada.

2.3 Polimerização e testes de resistência adesiva

A resistência adesiva regional à dentina radicular de um sistema adesivo fotoativado, de acordo com Takahashi *et al.* (2002), pode ser afetada pela energia luminosa. Essa energia tende a diminuir devido à profundidade da cavidade radicular o que influencia a fotopolimerização dos sistemas adesivos e cimentos resinosos, que são dependentes da energia da fotoativação.

Os pinos translumínicos deveriam permitir a emissão de luz ao longo do canal radicular. Isso aumentaria o grau de conversão de cimentos resinosos de polimerização dual com uma consequente melhora de suas propriedades mecânicas, como módulo de elasticidade e dureza. No entanto, Ferrari *et al.* (2001b), observaram que essa habilidade de transmitir a luz através do pino ainda deve ser determinada. Eles recomendam, portanto, o uso de cimentos resinosos de polimerização dual ou químicos para serem utilizados na cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibras.

Prisco *et al.* (2003) realizaram testes de resistência à tração (*pull-out*) assistida pela simulação de análise de elementos finitos, como um meio específico e acurado de caracterizar as tensões geradas na interface cimento-pino. Neste estudo, diferentes combinações de cimentos resinosos e pinos de resina reforçada por fibras foram realizadas. A aplicação da carga foi preferencialmente direcionada para a interface cimento-pino, deixando a interface cimento-dentina praticamente livre de tensões. A simulação do teste de tração pela análise de elementos finitos reproduz satisfatoriamente os testes convencionais realizados *in vitro*, com resultados equivalentes. Os resultados não demonstraram diferenças significativas nas propriedades adesivas dos diferentes tipos de cimentos resinosos e pinos, atribuindo esses resultados ao fato de que as matrizes resinosas dos cimentos possuem as mesmas características químicas.

Giachetti *et al.* (2004) avaliaram em microscopia eletrônica de varredura e teste de resistência à remoção por tração o comportamento de pinos translumínicos cimentados com cimentos resinosos de presa dual e de presa exclusivamente iniciada por luz. Eles observaram, assim como em estudos anteriores, que não houve diferença entre os sistemas de presa dos cimentos e que a boa adesão entre pino e dentina foi confirmada pela MEV. E ainda, os pinos apresentaram quase que em toda a superfície uma cobertura consistente de cimento e que a falha ocorreu na

interface cimento-dentina em todos os espécimes.

Por outro lado, foi demonstrado que, mesmo na presença de pinos translumínicos, a quantidade de luz que chega no terço apical pode não ser suficiente para polimerizar efetivamente o cimento nesta profundidade (GORACCI *et al.*, 2008).

Com o surgimento dos pinos de fibra na década de 1990, os testes convencionais de cisalhamento e tração, amplamente utilizados naquela época para avaliar resistência adesiva, se tornaram assunto de críticas de alguns pesquisadores (PASHLEY *et al.*, 1995). A distribuição das tensões não era uniforme ao longo de uma grande área de adesão. Ainda, o ponto crítico desses testes convencionais surgiu com o advento de sistemas adesivos capazes de alcançar uma força de adesão à dentina acima de 20MPa, o que era causa frequente de fraturas coesivas em dentina, dificultando a análise da resistência de adesão na interface adesiva (VERSLUIS *et al.*, 1997).

Os testes de resistência à extrusão (*Push-out*) resultam em uma tensão de cisalhamento na interface dentina-cimento assim como na interface pino-cimento (VAN MEERBEEK *et al.*, 2003) e podem ser comparáveis com as tensões geradas clinicamente. O modelo destes testes é caracterizado pelas tensões que aconteceriam em condições clínicas (FRANKENBERGER *et al.*, 1999).

Já foi proposto que, devido ao tamanho reduzido de espécimes, o teste de microtração permita uma distribuição mais uniforme das tensões geradas ao longo da interface adesiva (CARDOSO *et al.*, 2002).

Goracci *et al.* (2004), compararam a eficácia dos testes de resistência adesiva de microtração e extrusão (*Push-out*). Houve um grande número de falhas e perdas precoces de espécimes, além de um grande desvio padrão nos valores de resistência adesiva que torna questionável a confiabilidade dos testes de microtração com espécimes em forma de ampulheta (*trimming microtensile technique*). Já na microtração realizada com espécimes em forma de palitos (*non-trimming microtensile technique*) foram obtidos apenas cinco palitos de um total de seis raízes, com os restantes apresentando falhas prematuras durante o corte. Com o teste de resistência à extrusão (*Push-out*), não houve falhas prematuras, a variação da distribuição dos resultados foi aceitável, e a diferenciação regional dos valores de resistência foi possível de ser avaliada. Com isso, concluíram que, para a medição de resistência adesiva de pinos de fibra utilizando cimentos resinosos, o

teste de resistência à extrusão (*push-out*) parece ser mais seguro que os testes de microtração.

Goracci *et al.* (2005a) sugerem que a fricção é a maior responsável pela retenção de pinos de resina reforçada por fibras cimentados com cimentos resinosos. Neste estudo, a resistência ao deslocamento dos pinos não foi diferente quando os pinos eram ou não cimentados com o uso de sistemas adesivos. A absorção de água pelo cimento e conseqüente fricção no canal radicular pode explicar o porquê de pinos cimentados com cimentos resinosos apresentarem altos valores de resistência adesiva demonstrados nos testes de tração (*Pull-out*) e extrusão (*Push-out*).

Uma pesquisa foi realizada por Aksornmuang *et al.* (2006) para avaliar o efeito da fotoativação prolongada de sistemas adesivos utilizados na cimentação adesiva de pinos de resina reforçada por fibra. Os tempos de fotoativação foram de dez e vinte segundos e os sistemas adesivos testados foram de polimerização dual ou fotoativada, com *primer* autocondicionante. Diferenças significativas na resistência adesiva entre o terço apical e o terço coronal foram observadas somente no grupo tratado com sistema adesivo fotoativado por dez segundos, enquanto que o grupo fotoativado por vinte segundos e o grupo de presa dual não apresentaram diferenças regionais. A resistência adesiva foi maior para os grupos fotoativados por maior tempo (20s).

Le Bell *et al.* (2005) sugeriram que para se alcançar todas as vantagens da utilização de pinos de fibra com procedimentos adesivos, é primordial que se obtenha uma ótima adesão entre cimento e pino, e entre cimento e dentina radicular. Foi demonstrado que a adesão que ocorre na interface cimento-pino sempre superou a adesão da interface cimento-dentina radicular.

Monticelli *et al.* (2006) realizaram um estudo para avaliar a influência de diferentes cimentos resinosos na resistência adesiva à microtração de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Foram formados seis grupos variando a combinação de dois cimentos resinosos (Multilink/Vivadent e Clearfil Photo Core/Kuraray) e três sistemas adesivos (Multilink Primer/ Vivadent, Clearfil Photo Bond e Clearfil New Bond/Kuraray), os quais apresentaram valores de resistência adesiva significativamente diferentes entre si. Quando o sistema adesivo dual (Clearfil Photo Bond) foi fotoativado e utilizado com o cimento resinoso fotoativado (Clearfil Photo Core), a maioria dos espécimes apresentou falha adesiva na interface dentina-

cimento, o que pode ter sido consequência das tensões de contração do cimento. O grupo que apresentou melhores resultados foi o que utilizou o Multilink com o próprio sistema adesivo autocondicionante Multilink Primer, enquanto que o menor valor encontrado foi no grupo que utilizou o mesmo sistema adesivo com o cimento resinoso dual Clearfil Photo Core.

Sabendo-se que o armazenamento em água é considerado como uma forma de envelhecimento *in vitro* para testes de adesividade de interfaces, Radovic *et al.* (2007), avaliaram a influência deste envelhecimento na adesão de pinos de fibra e cimentos resinosos. Dois grupos foram formados de acordo com o tratamento de superfície dos pinos: 1. Aplicação de sistema adesivo (XP Bond/Dentsply Caulk); e 2. Jateamento com óxido de alumínio (Rocatec-Pre/3M ESPE) e aplicação do mesmo sistema adesivo. Os pinos foram cimentados com cimento resinoso dual (Calibra/Dentsply Caulk) ou resina *flow* (X-Flow/Dentsply Caulk). Após a cimentação, metade foi armazenada em água por um mês e na outra metade dos pinos foi realizado o teste de microtração imediata. A resistência adesiva ao teste de microtração imediata foi maior nos pinos que recebiam o jateamento de óxido de alumínio. Após o envelhecimento, os dois tipos de tratamento apresentaram valores semelhantes. Os pinos cimentados com cimento resinoso alcançaram os maiores valores de resistência que os cimentados com resina *flow*. E, por fim, o envelhecimento em água pareceu diminuir significativamente a resistência adesiva.

Goracci *et al.* (2007) realizaram um levantamento de trabalhos com variados testes de laboratório utilizados para avaliar a qualidade de retenção adesiva dos pinos, desde sua introdução na odontologia. A retenção desses pinos é geralmente avaliada com testes de microtração, extrusão (*Push-out*) e tração (*Pull-out*). Quando espécimes de tamanhos reduzidos são utilizados, assim como nos testes de microtração e extrusão (com fatias finas), há maior uniformidade na geração de tensões, além de possibilitar o comportamento dos materiais nas diferentes regiões radiculares com mais precisão. Embora a adesão à dentina intraradicular seja mais desafiadora que em áreas coronárias, a adesividade e retenção dos pinos alcançada com uso de cimentos e técnicas atuais são bem satisfatórias e garantem o sucesso clínico das restaurações adesivas com esses retentores intraradiculares.

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

Analisar o efeito do uso de solução de clorexidina a 2% combinada às diferentes categorias de sistemas adesivos mais aplicados na cimentação de pinos de fibra de vidro, após 1 semana, 6 meses e 1 ano.

Hipóteses nulas:

1- Não há diferença na resistência de união com, ou sem, o uso de solução de clorexidina;

2- Não há diferença na resistência de união com o uso dos diferentes sistemas adesivos;

3- Não há diferença na resistência de união nas diferentes regiões radiculares analisadas;

4- Não há diferença na resistência de união após 1 semana, 6 meses e 1 ano.

Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento experimental

Este trabalho *in vitro* envolveu a análise de quatro fatores: uso, ou não, da solução de clorexidina a 2% (em dois níveis); sistema adesivo (em três níveis); região radicular (em três níveis); e tempo (em três níveis). Para todos os fatores avaliados, a variável de resposta foi a resistência de união.

Os materiais utilizados foram o sistema adesivo Adper ScotchBond Multi Uso Plus (3M ESPE), o sistema adesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE), o sistema adesivo Clearfil SE Bond (Kuraray), o cimento resinoso convencional RelyX ARC (3M ESPE), a solução de clorexidina a 2% (Biodinâmica), e os pinos de fibra de vidro Exacto (Ângelus).

4.2 Seleção dos dentes

Cento e oitenta dentes bovinos foram selecionados, mantidos em timol a 0,1%, periodicamente renovado até o início do experimento. Uma análise prévia das dimensões méso-distal e de comprimento original foi realizada para que fossem selecionadas unidades similares, excluindo dentes com raízes curvas e ápice incompletamente formado ou com reabsorção apical.

Após estas análises, as porções coronárias foram descartadas com corte na região cervical de forma perpendicular ao longo eixo do dente, utilizando um disco diamantado de dupla face sob irrigação constante, em um aparelho de corte de precisão Isomet Low Speed Saw (Buehler, Lake Bluff, EUA). Após o corte, as raízes apresentavam comprimento radicular padronizado de 17mm. Nova seleção foi feita, buscando as raízes que apresentavam o diâmetro do conduto radicular o mais similar possível, sem calcificações ou características de canais atrésicos. Após a seleção de 180 raízes, as mesmas foram armazenadas em água deionizada, mantidas em temperatura ambiente, ao abrigo da luz (Figura 1).

4.3 Preparo das raízes

O tratamento endodôntico dos dentes foi realizado com instrumento de memória de nº45, padronizado a uma profundidade de 16mm. Os canais foram

irrigados com água deionizada, para que se evitassem possíveis variáveis resultantes do uso de outros materiais irrigadores oxidantes disponíveis (H_2O_2 , NaOCl). Ao final da instrumentação, os condutos foram preenchidos com EDTA Trissódico Líquido (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) por 5 minutos, lavados com água deionizada e secos com cones de papel absorvente (Tanari, Manacapuru, AM, Brasil). Posteriormente, foram obturados com guta-percha (Tanari, Manacapuru, AM, Brasil) e cimento à base de hidróxido de cálcio (Sealer 26 – Dentsply, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), pela técnica de condensação lateral (Figura 2).

Figura 1: Raízes com comprimento padronizado de 17mm.

Figura 2: Obturação pela técnica de condensação lateral.

4.4 Distribuição dos grupos

Após o preparo dos dentes, as raízes foram divididas aleatoriamente em seis grupos. A distribuição dos grupos pode ser vista na tabela 1.

Tabela 1: Distribuição dos grupos experimentais

Grupo	Sistema Adesivo	Armazenamento
MP	Adper ScotchBond Multi Uso Plus	7 dias 6 meses 1 ano
SB	Adper Single Bond 2	7 dias 6 meses 1 ano
SE	Clearfil SE Bond	7 dias 6 meses 1 ano
MP-CHX	Adper ScotchBond Multi Uso Plus + Clorexidina 2%	7 dias 6 meses 1 ano
SB-CHX	Adper Single Bond 2 + Clorexidina 2%	7 dias 6 meses 1 ano
SE-CHX	Clearfil SE Bond + Clorexidina 2%	7 dias 6 meses 1 ano

(n=10)

4.5 Preparo dos condutos e pinos

Após 24 horas, os condutos foram desobturados com a broca de 1,5mm de diâmetro, que acompanha o kit de pinos e corresponde ao diâmetro do pino utilizado, a um comprimento de 13mm deixando 3mm de selamento apical (Figura 3).

Em seguida, as raízes foram aleatoriamente distribuídas em 6 grupos de acordo com o tratamento adesivo: MP (com uso de Adper ScotchBond Multi Purpose Plus), SB (com uso de Adper Single Bond 2), SE (com uso de Clearfil SE Bond), MP-CHX (Adper ScotchBond Multi Purpose Plus associado ao uso de solução de clorexidina a 2% após o uso do ácido), SB-CHX (Adper Single Bond 2 associado ao uso de solução de clorexidina a 2% após o uso do ácido), e SE-CHX (Clearfil SE Bond associado ao uso de solução de clorexidina a 2% após o uso do ácido). Os sistemas adesivos utilizados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Sistemas adesivos utilizados.

Sistema adesivo	Fabricante	Composição	Classificação
Adper ScotchbondMulti-Purpose (<i>Primer</i>)	3M ESPE, St Paul, MN, EUA	HEMA (2-hidroxietilmetacrilato), ácido polialcenóico, água	Convencional-3 passos
Adper ScotchbondMulti-Purpose (Adesivo)		Bis-GMA (Bilglicidil metacrilato), iniciadores, estabilizadores	
Adper Single Bond 2	3M ESPE, St Paul, MN, EUA	Bis-GMA, HEMA, dimetacrilatos, ácido polialcenóico, sílica, iniciadores, etanol e água	Convencional-2 passos
Clearfil SE Bond	Kuraray	MDP, HEMA, bis-GMA, dimetacrilatos hidrofóbicos, carga de sílicasubmicrométrica, N,Ndietanol-p-toluidina, canforoquinona	Autocondicionante-2 passos

Todas as raízes foram restauradas com pino de fibra de vidro cônico Exacto nº2 e cimento resinoso dual RelyX ARC (3M ESPE). Os pinos de fibra de vidro Exacto/Ângelus nº2, com diâmetro de 1,5mm, foram limpos com álcool etílico e posteriormente silanizados (Primer Silano – Ângelus), deixando secar por um minuto. O sistema adesivo testado, de acordo com cada grupo experimental, foi

aplicado em toda a extensão dos pinos com o uso de um pincel fino, e fotoativados seguindo as instruções dos fabricantes.

Figura 3: Desobstrução do conduto.

As paredes dentinárias do canal radicular foram condicionadas com ácido fosfórico a 35% (3M ESPE) por 15 segundos, lavadas pelo dobro do tempo com água destilada e secas com cones de papel absorvente, antes da aplicação do sistema adesivo, para os Grupos MP, SB, MP-CHX e SB-CHX. Nos grupos MP-CHX e SB-CHX, previamente à aplicação do adesivo, foi aplicada a solução de clorexidina 2%, por 1 minuto no interior do conduto, e o excesso foi removido com cones de papel absorvente. Posteriormente à aplicação dos sistemas adesivos, foi realizada a fotoativação por 20 segundos.

Nos grupo SE e SE-CHX, após a desobturação, os canais foram lavados com água destilada e secos com cones de papel absorvente. Em seguida, foi aplicado o sistema adesivo no grupo SE, e, no grupo SE-CHX, previamente à aplicação do sistema adesivo, foi aplicada a solução de clorexidina 2%, por 1 minuto no interior do conduto, e o excesso foi removido com cones de papel absorvente. Após a aplicação do sistema adesivo, foi realizada a fotoativação por 20 segundos.

Em seguida, o cimento resinoso utilizado foi levado aos condutos com auxílio de broca lentulo de nº.2 e a técnica de cimentação dos pinos foi realizada de acordo com as orientações do fabricante. Após o posicionamento dos pinos, o cimento foi fotopolimerizado por 40 segundos a partir da porção coronária.

4.6 Teste de resistência à extrusão (*push-out*)

As 10 raízes de cada grupo foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo obtendo-se de 6 a 9 fatias de 1mm de espessura com disco diamantado na máquina de corte Isomet 1000 Precision Saw (South Bay Technology Inc., Buehler, Lake Bluff, EUA) sob refrigeração constante. Para a realização dos cortes,

os espécimes foram fixados em uma base metálica para serem levados à máquina de corte (Figuras 4 e 5). Após a obtenção das fatias, as mesmas foram identificadas de acordo com a região radicular e armazenadas imersas em saliva artificial, a 37°C, pelo período de 7 dias, 6 meses e 1 ano.

Decorridos os períodos de armazenamento, as fatias foram posicionados em um suporte metálico de aço inoxidável contendo uma perfuração central com 2 mm de diâmetro. Devido ao formato cônico dos pinos, a carga foi aplicada no sentido apico-coronal a partir da superfície apical, de forma que o pino fosse empurrado em direção à porção mais larga do conduto (Figuras 6 e 7).

A carga foi aplicada apenas sobre a superfície do pino por meio de uma ponta, com variação de 0,8mm a 1,3mm de diâmetro, acoplada à máquina de ensaio universal Emic DL 500 (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) com célula de carga de 100kg, à velocidade de 0,5mm/min.

Figura 4: Corte para obtenção das fatias.

Figura 5: Fatias de aproximadamente 1mm de espessura

Figura 6: Espécime posicionado para o teste.

Figura 7: Aspecto após o deslocamento do pino no sentido apico-coronal.

4.7 Conversão dos valores

Os valores foram registrados em kgf, no momento da extrusão do pino do

conduto, e posteriormente convertidos em MPa, para a obtenção dos valores de resistência adesiva (α). Para se calcular a resistência adesiva é utilizada a fórmula: $\alpha = F/A$. Onde F, em MPa, é a força registrada no momento do deslocamento do pino.

Como o fragmento do pino tem o formato cônico, os diâmetros dos pinos, em cada superfície da fatia, e espessuras das fatias foram medidos utilizando um paquímetro digital (Digimess Instrumentos de Precisão Ltda, São Paulo, Brasil) e a área total, em mm², da interface adesiva foi calculada aplicando a fórmula: $A = \pi (R2+R1) [h^2 + (R2-R1)^2]^{0,5}$

Onde: $\pi=3,14$; R2= raio coronal do fragmento de pino; R1= raio apical do fragmento de pino; e h= espessura da fatia.

4.8 Análise das falhas

Após o teste de extrusão, cada fatia foi observada em um microscópio ótico de luz (Leitz Wetzlar, Alemanha), com 16 e 40 vezes de aumento, para se determinar os tipos de falhas. Essas falhas foram classificadas em: 1-falha adesiva entre dentina e cimento; 2-falha adesiva entre cimento e pino; 3-falha coesiva do cimento; 4-falha coesiva do pino; 5-falha mista (com diferentes combinações entre os tipos de falhas 1, 2, 3 e 4). Após a análise das falhas, os espécimes mais representativos foram levados à microscopia eletrônica de varredura, no microscópio por emissão de campo Quanta 250 – FEG (FEI Company, Oregon, EUA) (Figura 8), em modo ambiental, não sendo necessário passar pelas fases de ponto crítico e metalização dos espécimes.

Figura 8: Análise dos espécimes no microscópio por emissão de campo Quanta 250 – FEG (FEI Company, Oregon, EUA).

4.9 Análise estatística

Os dados foram tabelados considerando as variáveis do uso ou não de solução de clorexidina, diferentes sistemas adesivos, terços radiculares e tempos de armazenamento. Passando no teste de distribuição normal, as análises foram realizadas pelo teste de ANOVA a quatro critérios e comparações múltiplas com Tukey, ambos com $p < 0,05$.

5 Resultados

5 RESULTADOS

Os valores médios em Mega Pascal (MPa) e desvios-padrão (DP) da resistência de união para os grupos de pinos cimentados com RelyX ARC, com três diferentes sistemas adesivos (SB, MP e SE), com e sem o uso da solução de clorexidina a 2% (CHX), ao longo dos três períodos experimentais, estão apresentados separadamente, de acordo com os sistemas adesivos utilizados.

Tabela 3 - Resistência de união do sistema adesivo Single Bond

Grupo	7 dias	6 meses	1 ano	Região
SB	2,29 (1,54)a,A	5,98 (2,04)a,AB	8,64 (4,18)a,B	cervical
	2,77 (2,14)a,A	5,30 (2,67)a,A	3,77 (2,32)ab,A	média
	3,29 (2,08)a,A	6,01 (2,74)a,A	2,41 (1,61)b,A	apical
SB+CHX	2,43 (1,65)a,A	6,56 (2,25)a,A	4,41 (3,18)ab,A	cervical
	1,87 (1,06)a,A	5,36 (4,55)a,A	2,46 (1,18)b,A	média
	1,98 (1,12)a,A	6,08 (3,47)a,A	2,69 (1,99)b,A	apical

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística entre linhas da mesma coluna. Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística entre colunas da mesma linha.
(n=10)

Em relação ao uso da solução de clorexidina a 2% para o sistema adesivo convencional de dois passos Adper Single Bond, pode ser observado que não houve diferença significativa entre os valores de resistência adesiva ($p>0,05$). Em relação ao tempo, ao final de um ano foi percebido um aumento significativo da resistência adesiva, no grupo em que não foi utilizada a solução de clorexidina a 2%, quando comparados com os valores de 7 dias ($p<0,05$). No grupo em que foi utilizada a solução de clorexidina a 2%, não houve diferença estatisticamente significativa quando se comparou as regiões da raiz ou os tempos experimentais ($p>0,05$). A tabela 3 mostra esses valores médios de resistência adesiva e desvios-padrão do sistema adesivo Adper Single Bond.

Tabela 4 - Resistência de união do sistema adesivo ScotchBond Multi Uso Plus

Grupo	7 dias	6 meses	1 ano	Região
MP	5,73 (2,55)a,A	5,84 (2,20)a,A	5,07 (3,43)a,A	cervical
	4,61 (2,56)a,A	4,85 (2,55)a,A	4,16 (3,56)a,A	média
	4,20 (2,88)a,A	4,33 (2,65)a,A	2,60 (1,86)a,A	apical
MP+CHX	6,16 (2,49)a,A	4,27 (3,11)a,A	6,24 (2,63)a,A	cervical
	5,00 (3,67)a,A	3,57 (2,81)a,A	6,62 (3,18)a,A	média
	3,84 (1,82)a,A	3,31 (0,96)a,A	5,30 (4,35)a,A	apical

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística entre linhas da mesma coluna. Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística entre colunas da mesma linha.
(n=10)

Para o sistema adesivo convencional de três passos Adper ScotchBond Multi Uso Plus, pode ser observado que não houve diferença significativa entre os valores de resistência de união com ou sem o uso da solução de clorexidina a 2%, entre os tempos experimentais e regiões radiculares ($p>0,05$). Os valores de resistência de união se mantiveram constantes em todas as situações testadas, como pode ser visto na tabela 4.

Tabela 5 - Resistência de união do sistema adesivo Clearfil SE Bond

Grupo	7 dias	6 meses	1 ano	Região
SE	8,59 (1,72)a,A	8,31 (2,75)a,A	12,14 (7,16)a,A	cervical
	6,90 (2,89)a,A	8,86 (1,83)a,A	7,60 (4,09)ab,A	média
	7,04 (1,40)a,A	10,04 (5,34)a,A	6,31 (1,71)b,A	apical
SE+CHX	6,09 (2,85)a,A	9,78 (2,87)a,A	6,66 (4,69)b,A	cervical
	3,72 (2,02)ab,A	7,89 (2,78)a,A	6,58 (3,85)b,A	média
	1,83 (1,38)b,B	7,63 (3,54)a,A	3,38 (2,31)b,AB	apical

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística entre linhas da mesma coluna. Letras maiúsculas diferentes representam diferença estatística entre colunas da mesma linha.
(n=10)

Quando se analisa o uso da solução de clorexidina a 2% para os sistema adesivo autocondicionante de dois passos Clearfil SE Bond, não houve diferença significativa na comparações entre as mesmas regiões radiculares, no períodos de 6 meses ($p>0,05$). Em 7 dias, houve diminuição da resistência adesiva na região apical do grupo SECHX ($p<0,05$), assim como em 1 ano, que apresentou diminuição estatisticamente significativa na resistência adesiva na região cervical ($p<0,05$).

Dentro de cada condição experimental (uso ou não da CHX), se comparando os períodos experimentais, ao final de 1 ano, não houve diferença estatística nos valores da resistência adesiva ($p>0,05$). A tabela 5 apresenta os valores e comparações do sistema adesivo Clearfil SE Bond.

As comparações entre os diferentes sistemas adesivos testados podem ser visualizadas na tabela 6.

Tabela 6 - Comparação dos diferentes sistemas adesivos

Grupo	7 dias	6 meses	1 ano	Região
SB	2,29 (1,54)a	5,98 (2,04)a	8,64 (4,18)a	cervical
	2,77 (2,14)a	5,30 (2,67)a	3,77 (2,32)ab	média
	3,29 (2,08)ab	6,01 (2,74)a	2,41 (1,61)b	apical
MP	5,73 (2,55)ab	5,84 (2,20)a	5,07 (3,43)ab	cervical
	4,61 (2,56)ab	4,85 (2,55)a	4,16 (3,56)ab	média
	4,20 (2,88)ab	4,33 (2,65)a	2,60 (1,86)b	apical
SE	8,59 (1,72)b	8,31 (2,75)a	12,14 (7,16)a	cervical
	6,90 (2,89)b	8,86 (1,83)a	7,60 (4,09)ab	média
	7,04 (1,40)b	10,04 (5,34)a	6,31 (1,71)ab	apical

Letras minúsculas diferentes representam diferença estatística entre linhas.
(n=10)

Quando se analisou os diferentes sistemas adesivos comparando as regiões equivalentes, pode-se perceber que os sistemas adesivos Adper Single Bond e Adper ScotchBond Multi Uso não houve diferença estatisticamente significativa em todos os períodos experimentais ($p>0,05$).

O sistema adesivo Clearfil SE Bond apresentou melhores valores de resistência adesiva que o Adper Single Bond apenas no período de 7 dias ($p<0,05$), exceto na região apical ($p>0,05$). Em 6 meses e 1 ano, todos os sistemas adesivos apresentaram comportamento semelhante ($p>0,05$).

As tabelas 7, 8 e 9 mostram as análises das falhas encontradas nos períodos de 7 dias, 6 meses e 1 ano, respectivamente. De modo geral, pode-se perceber que a maioria das falhas encontradas foi adesiva entre cimento e dentina, correspondendo a 87,04%, 78,73% e 75,39%, em 7 dias, 6 meses e 1 ano, respectivamente. Exemplos dos tipos de falhas podem ser vistos nas figuras 9, 10 e 11.

Tabela 7 - Distribuição e porcentagens de falhas nos grupos de 7 dias

Tipo de falha	SB (%)	SB+CHX (%)	MP (%)	MP+CHX (%)	SE (%)	SE+CHX (%)	Total (%)
A (C/D)	66 (75,86)	75 (85,23)	73 (82,03)	77 (88,51)	84 (97,67)	75 (93,75)	450 (87,04)
A (C/P)	01 (1,15)	-	01 (1,12)	01 (1,15)	-	-	03 (0,58)
C (C)	-	-	-	-	-	-	-
C (P)	-	-	-	-	-	-	-
C (D)	-	-	-	-	-	-	-
Mista	20 (22,99)	13 (14,77)	15 (16,85)	09 (10,34)	02 (2,33)	05 (6,25)	64 (12,38)
No. Fatias	87 (100)	88 (100)	89 (100)	87 (100)	86 (100)	80 (100)	517 (100)

Tabela 8 - Distribuição e porcentagens de falhas nos grupos de 6 meses

Tipo de falha	SB (%)	SB+CHX (%)	MP (%)	MP+CHX (%)	SE (%)	SE+CHX (%)	Total (%)
A (C/D)	64 (78,05)	78 (88,64)	56 (64,37)	65 (79,27)	59 (67,82)	63 (100)	385 (78,73)
A (C/P)	-	-	1 (1,15)	-	-	-	1 (0,20)
C (C)	3 (3,66)	-	1 (1,15)	1 (1,22)	-	-	5 (1,02)
C (P)	-	-	-	-	1 (1,15)	-	1 (0,20)
C (D)	-	-	1 (1,15)	-	-	-	1 (0,20)
Mista	15 (18,29)	10 (11,36)	28 (32,18)	16 (19,51)	27 (31,03)	-	96 (19,63)
No. Fatias	82 (100)	88 (100)	87 (100)	82 (100)	87 (100)	63 (100)	489 (100)

Tabela 9 - Distribuição e porcentagens de falhas nos grupos de 1 ano

Tipo de falha	SB (%)	SB+CHX (%)	MP (%)	MP+CHX (%)	SE (%)	SE+CHX (%)	Total (%)
A (C/D)	70 (77,78)	76 (88,37)	76 (85,39)	60 (71,43)	48 (53,93)	59 (75,64)	389 (75,39)
A (C/P)	-	-	-	-	-	-	-
C (C)	-	-	-	-	-	-	-
C (P)	-	-	-	-	-	-	-
C (D)	-	-	-	-	-	-	-
Mista	20 (22,22)	10 (11,63)	13 (14,61)	24 (28,57)	41 (46,07)	19 (24,36)	127 (24,61)
No. Fatias	90 (100)	86 (100)	89 (100)	84 (100)	89 (100)	78 (100)	516 (100)

Após o corte, algumas fatias não foram utilizadas, por não apresentarem a interface dentina-pino-cimento, vista pela face apical. Portanto, não foi possível a obtenção de nove fatias por raiz em alguns espécimes, justificando a variação na obtenção de 78 a 90 fatias por grupo. Todas as fatias que apresentavam a interface dentina-pino-cimento, tanto pela face coronal como pela face apical, foram testadas. Dessa forma, não houve perdas prematuras durante o corte, devido à falta de desunião.

Figura 9: Exemplos de falhas mistas, envolvendo fratura de cimento (C), pino (P), falha adesiva entre cimento e pino (CP), e entre cimento e dentina (CD). Imagem de microscopia eletrônica de varredura (150x).

Figura 10: Exemplos de falhas adesivas entre cimento e dentina (CD). Imagem de microscopia eletrônica de varredura (150x).

Figura 11: Interface de falha adesiva entre cimento e dentina (CD), mostrando os *tags* de resina (T). Imagem de microscopia eletrônica de varredura (1000x).

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

Neste estudo, a resistência adesiva foi testada por meio do teste de resistência à extrusão (*push-out*). Uma vantagem desse método é a diminuição do número de perdas precoces dos espécimes durante as fases de preparo e corte dos mesmos, como demonstrado em estudo anterior de Goracci *et al.*, em 2004. Além disso, este teste permite a medida de resistência adesiva de pequenas áreas, como as dimensões do interior da raiz (GORACCI *et al.*, 2004).

O uso de dentes bovinos como substitutos de dentes humanos, como no presente estudo, se justifica pela presença da expressão das MMPs -2 e -9 na dentina bovina comprovada na pesquisa de Kato *et al.* (2011). Este estudo demonstrou que a dentina bovina pode ser adotada como um substrato confiável para pesquisas que envolvam a atividade dessas metaloproteinases. Dessa forma, pela facilidade de aquisição e confiabilidade na utilização para se avaliar os objetivos do presente estudo, foram utilizados os dentes bovinos.

Para que não houvesse qualquer influência de materiais irrigantes endodônticos ou obturadores que pudessem interferir na polimerização de cimentos resinosos, como relatado por (DIMITROULI *et al.*, 2011; MORRIS *et al.*, 2001), neste trabalho foi adotado o uso de água deionizada, para irrigar todos os passos da instrumentação endodôntica, e cimento obturador livre de eugenol.

Os núcleos metálicos fundidos tem sido menos utilizados como retentores intrarradiculares, uma vez que podem ocasionar fraturas radiculares devido ao seu alto módulo de elasticidade. O uso desses retentores tem demonstrado um maior número de fraturas catastróficas da raiz, sem a possibilidade de restauração (MARTELLI *et al.*, 2008; SANTOS-FILHO *et al.*, 2008). Portanto, o uso dos pinos de fibra de vidro tem sido amplamente difundido devido aos avanços conseguidos a partir de seu desenvolvimento. Esses pinos apresentam módulo de elasticidade mais semelhante ao das estruturas dentárias, fazendo com que o risco de fraturas radiculares seja diminuído, devido a uma distribuição mais uniforme das tensões ao longo da raiz (SCHWARTZ e ROBBINS, 2004). Aliado a essa e outras vantagens, esses pinos podem ser cimentados por meio das técnicas adesivas, apresentando uma união química com os materiais resinosos (SCHWARTZ e ROBBINS, 2004).

Dentre os protocolos de aplicação de sistemas adesivos, duas técnicas estão disponíveis. Uma com o tratamento de desmineralização pelo uso do ácido

fosfórico, chamada de técnica convencional, e a outra com a utilização de *primers* acídicos que desmineralizam e infiltram simultaneamente o substrato dentário, chamada de técnica autocondicionante. Uma das dificuldades da técnica convencional é a garantia de se conseguir uma desmineralização homogênea de todas as superfícies do substrato e completa remoção do ácido, bem como a completa infiltração do *primer* e resina adesiva, podendo acarretar em um risco de não se obter o melhor desempenho dessas restaurações adesivas. O uso dos sistemas adesivos autocondicionantes tem sido sugerido como forma de minimizar esses riscos, além de uma considerável diminuição de passos clínicos necessários para sua aplicação, reduzindo a chance de erros (CHERSONI *et al.*, 2005).

O alcance de uma adesão válida depende da acurácia de cada passo executado durante os procedimentos adesivos, que podem se tornar bem complexos com o uso de sistemas adesivos convencionais de três passos. O limitado acesso ao canal radicular representa uma dificuldade adicional a esse processo. Para tanto, frente a vários testes de resistência adesiva realizados em outros estudos, vale mencionar que o uso de pontas de papel absorvente, para secar o canal radicular, e o uso de *microbrushes* (ou micropinceis), para aplicação dos sistemas adesivos, se torna indispensável (GORACCI *et al.*, 2007). Dessa forma, todos os passos dos procedimentos adesivos realizados no presente estudo foram controlados como forma de minimizar os efeitos adversos causados por falta de controle do operador. Ainda, pode-se observar a vantagem de uso do sistema adesivo autocondicionante de dois passos, pela menor sensibilidade da técnica, uma vez que os passos de lavagem e secagem são eliminados, em relação aos sistemas adesivos convencionais.

Quando o equilíbrio entre a atividade das proteases e seus respectivos mecanismos de controle endógeno é interrompido, um excesso de degradação do tecido pode ocorrer e um processo patológico ser iniciado. Nestes casos, o uso de inibidores de protease exógenos pode exercer uma função terapêutica adequada e ajudar a controlar a atividade proteolítica excessiva das enzimas (CARRILHO, 2012; GENDRON *et al.*, 1999).

A clorexidina tem sido amplamente utilizada na manutenção da saúde bucal devido à sua substantividade e eficácia antimicrobiana nos tecidos orais. Recentemente, seu uso como irrigante final de canais radiculares tem sido sugerido pela sua ação antimicrobiana na dentina (LINDBLAD *et al.*, 2010). Além disso, sua

aplicação tem sido indicada como um inibidor sintético da atividade das MMPs que, mesmo em concentrações baixas (0,02%), pode diretamente inibir a atividade das MMPs -2, -8 e -9 (GENDRON *et al.*, 1999).

Acredita-se que a ação inibitória da CHX sobre as MMPs ocorra por um processo de quelação, dos íons metálicos, tais como Ca^{2+} e Zn^{2+} , (GENDRON *et al.*, 1999), são sequestrados do microambiente na presença de baixas concentrações de CHX (isto é, 0,02% -0,004%), contribuindo para manter as MMPs sob estado inativo, ou seja, na forma de zimogênio. Além disso, a modelagem molecular mostrou que ocorre uma ligação eletrostática entre a molécula de CHX e o sítio ativo das cisteíno-catepsinas, proporcionando assim, um potente mecanismo de inibição da enzima (SCAFFA *et al.*, 2012). Dessa forma, apesar da análise por modelagem molecular não ter sido realizada para investigar a interação entre a molécula de CHX e as MMPs, é possível que a ação quelante não seja a única via para induzir a inibição dessas enzimas (CARRILHO, 2012).

Em dentina coronária, a clorexidina aumenta a resistência de união a longo prazo, presumidamente pela inibição da atividade das enzimas colagenolíticas, as metaloproteinases da matriz (MMPs) (HEBLING *et al.*, 2005; PASHLEY *et al.*, 2004), mesmo quando incorporada ao condicionamento ácido (STANISLAWCZUK *et al.*, 2011). Quando utilizada como coadjuvante no procedimento adesivo, com o intuito de inativar a ação da MMPs, é esperado que este produto químico não interfira na adesão imediata dos materiais resinosos, como foi demonstrado por Ricci *et al.* (2010). Esses autores afirmam que apesar de ser uma molécula relativamente grande, comparada aos monômeros resinosos presentes nos sistemas adesivos (como o HEMA ou Bis-GMA), a clorexidina não interferiu na infiltração desses monômeros na dentina desmineralizada.

Uma vez que a dentina radicular também contém MMPs (SANTOS *et al.*, 2009) que podem ser ativadas pelos procedimentos adesivos e materiais (MAZZONI *et al.*, 2006), é possível que a ativação das MMPs também interfira na resistência adesiva da cimentação de pinos de fibra. O mecanismo preciso da reação de degradação da interface adesiva, descrita em estudos *in vivo* (CARRILHO *et al.*, 2007b; HEBLING *et al.*, 2005) e *in vitro* (BRESCHI *et al.*, 2010; CARRILHO *et al.*, 2007a; DE MUNCK *et al.*, 2003), ainda não foi totalmente esclarecido, mas pode ser definido como um fenômeno complexo que envolve dois substratos (resina e

dentina), e está negativamente afetado pela ação da água (degradação hidrolítica) e das enzimas presentes na dentina (degradação enzimática).

Um estudo de Mazzoni *et al.* (2012) demonstrou atividade proteolítica na matriz de colágeno exposta pela ausente ou incompleta infiltração de resina. Essa atividade pode levar à rápida perda de fibrilas colágenas na porção mais profunda da camada híbrida, como sugerido anteriormente (CARRILHO *et al.*, 2007a). Isto poderia acarretar um aumento do fluxo de fluido dentinário para a camada híbrida, aumentando a degradação tanto do adesivo quanto do colágeno nas porções mais externas da camada híbrida. Eventualmente, o resultado final seria de destruição total da camada híbrida e perda de adesão (CARRILHO *et al.*, 2007b).

Em um estudo de De Munck *et al.* (2009), onde se analisou a atividade de MMPs com o uso de dois sistemas adesivos, um autocondicionante de dois passos e um convencional de três passos, pode-se perceber que o sistema adesivo Clearfil SE Bond não ativou essas enzimas. Ainda, no mesmo estudo, transferindo os resultados para a situação clínica, a MMP-2 pode ser liberada e ativada com o uso de sistemas adesivos convencionais, pela utilização do ácido fosfórico, e afetar a durabilidade da união. Esse não parece ser um problema agregado ao uso de adesivos autocondicionantes caracterizados como brandos, como é o caso do Clearfil SE Bond.

Os resultados deste estudo mostram que o uso da solução de clorexidina a 2% não pareceu interferir nos valores de resistência adesiva ao longo de todos os períodos e grupos experimentais dos SAs convencionais. De forma geral, estes resultados estão de acordo com os achados de Lindblad *et al.* (2012) e Lindblad *et al.* (2010), onde o uso da clorexidina não afetou negativamente a resistência adesiva frente ao teste de extrusão (*push-out*) de pinos cimentados adesivamente. Também se assemelharam aos resultados de Leitune *et al.* (2010), que avaliaram a influência da clorexidina na resistência adesiva imediata e após 6 meses de pinos de fibra cimentados adesivamente à dentina. Da mesma forma, Cecchin *et al.* (2011a) demonstraram que o uso da clorexidina e/ou etanol preservou a resistência adesiva após 12 meses de armazenamento em água e óleo. O uso da CHX manteve, como demonstrado no presente estudo, os valores de resistência adesiva, portanto, preservando a durabilidade da união resina-dentina ao final de 1 ano. Exclusivamente no grupo do sistema adesivo autocondicionante (SE), o uso da clorexidina resultou em uma diminuição da resistência adesiva em todos os

períodos. Após 1 ano, esta aplicação resultou em diferença estatisticamente significativa para a região cervical (Tabela 5). Dessa forma, a hipótese nula de que o uso da clorexidina não altera a resistência adesiva foi parcialmente aceita, uma vez que houve diminuição estatisticamente significativa no grupo do sistema adesivo autocondicionante (SE), em 7 dias, na região apical, e ao final de 1 ano, na região cervical.

Por outro lado, alguns estudos mostram um efeito adverso do uso da clorexidina à resistência adesiva imediata de pinos de fibra (HIRAISHI *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2013), com o mesmo efeito observado no presente estudo, comparando os valores de 7 dias, na região apical, com o uso da clorexidina. Wang *et al.* (2013) sugerem que o uso da clorexidina afeta negativamente a resistência adesiva imediata desses pinos, mas uma observação mais apurada de seus resultados mostrou que essa diminuição ocorreu somente nas regiões mais apicais da raiz.

No entanto, o presente estudo avaliou a resistência adesiva como forma de se supor que a diminuição desses valores possa estar relacionada com alguma degradação de colágeno na interface adesiva. Como demonstrado no trabalho de De Munck *et al.* (2009), se houve uma degradação nesta interface, a mesma não deve ser atribuída à ativação das MMPs -2 e -9 pelo sistema adesivo Clearfil SE Bond, assim como a diminuição de resistência adesiva encontrada para o grupo SE-CHX, no terço apical, em 7 dias, e cervical, após 1 ano, no presente estudo.

Estudos anteriores relatam que a relação entre a estabilidade da integridade da camada híbrida e o aumento da longevidade de restaurações adesivas com o uso da CHX se dá pela inibição da atividade das MMPs -2, -8 e -9 (BRESCHI *et al.*, 2010; CARRILHO *et al.*, 2007b; CECCHIN *et al.*, 2011a; LEITUNE *et al.*, 2010; LINDBLAD *et al.*, 2010). Carrilho *et al.* (2007b) demonstraram, em um estudo *in vivo*, que a proteção alcançada pelo uso da CHX na inibição da atividade das MMPs de interfaces adesivas coronárias durou até 14 meses após o estabelecimento dessas ligações adesivas. Ainda, a ação prolongada da CHX pode ser explicada pelo seu confinamento na interface adesiva pois é possível que sua remoção pelos fluidos dentinários seja minimizada pela formação das projeções de resina no interior dos túbulos (*tags*), obliterando-os. O mesmo pode ser observado em dentina radicular, no presente estudo, ao se analisar sob microscopia eletrônica de varredura alguns espécimes que apresentaram falhas adesivas entre

cimento/adesivo e dentina. Na figura 11, pode-se perceber a presença de projeções de resina (*tags*) que se destacaram do interior dos túbulos dentinários da região radicular. Esse cenário pode ter contribuído para a manutenção da ação da CHX contra a atividade das MMPs, preservando os valores de resistência adesiva.

A influência da clorexidina na resistência à microtração e nanoinfiltração da interface resina-dentina do cimento resinoso convencional RelyX ARC foi previamente analisada por Hiraishi *et al.* (2009). Seu uso associado a este cimento não promoveu nenhuma alteração de desempenho, suportando a opção pelo uso do mesmo cimento no presente estudo. Ainda, foi relatado que os padrões de nanoinfiltração foram semelhantes em ambas as condições, de uso ou não da clorexidina. Por outro lado, efeitos adversos foram relatados quando do uso da clorexidina associada aos cimentos autoadesivos, como a nanoinfiltração mais pronunciada na interface adesiva.

Comparando o uso de diferentes sistemas adesivos, os resultados do presente estudo mostraram os maiores valores de resistência adesiva do sistema adesivo autocondicionante de 2 passos (SE), em todos os períodos de avaliação. Este resultado pode ser atribuído à menor sensibilidade de técnica exigida por este sistema, que permite a infiltração do adesivo ao mesmo tempo em que desmineraliza a dentina pela aplicação de um *primer* ácido que dispensa a lavagem (FABRE *et al.*, 2007). Além disso, esse sistema adesivo autocondicionante de 2 passos tem sido indicado para a cimentação de pinos de fibra por proporcionar a formação de uma camada mais hidrofóbica (camada de adesivo), que é sabidamente menos susceptível à sorção de água e degradação (FABRE *et al.*, 2007). Ainda, os tratamentos realizados com as três principais categorias de sistemas adesivos (convencionais de 2 e 3 passos e autocondicionantes de 2 passos) promovem diferentes padrões de desmineralização e infiltração de resina adesiva e é esperado que diferentes quantidades de MMPs sejam ativadas para atuar na degradação de dentina (WANG *et al.*, 2013).

O uso de diferentes sistemas adesivos mostrou que os adesivos que apresentam o passo de aplicação da resina hidrofóbica isoladamente, apresentaram um melhor comportamento, demonstrando melhores valores de resistência adesiva. No entanto, a superioridade significativa foi observada somente no resultado de sete dias do adesivo autocondicionante de dois passos em relação ao convencional de

dois passos, a rejeitando a hipótese de que não há diferença nos valores de resistência adesiva entre os diferentes sistemas adesivos.

A localização ou região radicular é um fator de importância pois, mesmo sem o uso da clorexidina, os valores de resistência adesiva podem ser menores nas regiões mais apicais, podendo ser atribuído à redução do grau de conversão do cimento pela dificuldade de acesso à luz fotoativadora (BOUILLAGUET *et al.*, 2003; GORACCI *et al.*, 2004; TAKAHASHI *et al.*, 2002; VICHI *et al.*, 2002). Os resultados deste estudo mostraram uma diminuição da resistência adesiva, em todos os grupos (Tabelas 3, 4 e 5), nas regiões mais apicais, com diferença estatística entre as regiões cervical e apical dos grupos SE, em 7 dias e 1 ano, e SB, ao final de 1 ano ($p < 0,05$), portanto, rejeitando a hipótese de que não há diferença de resistência adesiva nas diferentes regiões radiculares analisadas. As regiões mais apicais do canal radicular preparado para a cimentação de pinos continuam sendo o maior desafio para o estabelecimento de uma união favorável de materiais adesivos à dentina devido aos problemas e dificuldades de acesso e heterogeneidade desse substrato.

Mesmo com o desenvolvimento de pinos translumínicos, a quantidade de energia luminosa que atinge as regiões mais apicais da raiz pode não ser suficiente para polimerizar o cimento. Portanto, a utilização de cimentos resinosos convencionais de polimerização dual tem sido amplamente indicada para a fixação destes pinos de fibra (FARIA E SILVA *et al.*, 2007; GORACCI *et al.*, 2008; GORACCI *et al.*, 2004). Devido à presença da dupla reação de polimerização desses materiais, mesmo com a possibilidade de polimerização pela luz deficiente, a reação química permite a polimerização ao longo de todo o comprimento do canal (GORACCI *et al.*, 2008).

Por outro lado, um menor grau de conversão não necessariamente leva à reduzida retenção dos pinos (FARIA E SILVA *et al.*, 2007). O fator-C se torna crítico quando maior que 5 (FEILZER *et al.*, 1987), e é na região radicular que o fator-C está crítico. Dependendo do diâmetro e profundidade do canal, este valor pode variar de 20 a 200, podendo até exceder esse máximo, levando à pior situação clínica possível (BOUILLAGUET *et al.*, 2003; MORRIS *et al.*, 2001; TAY *et al.*, 2005). As tensões geradas pela contração de polimerização no espaço confinado do canal radicular podem exceder os valores de resistência adesiva entre cimento e dentina, causando a perda da adesão nesta interface (BOUILLAGUET *et al.*, 2003). Na

região apical, um grau de conversão menor pode até ser vantajoso, uma vez que as tensões geradas são menores e o impacto do fator-C nessa região é reduzido (LE BELL *et al.*, 2003).

Alguns estudos demonstraram que o principal mecanismo de retenção de pinos cimentados em canais radiculares pelos procedimentos adesivos não é adesivo e sim friccional (GORACCI *et al.*, 2005b). No presente estudo, uma excelente adaptação dos pinos às paredes dos canais radiculares em todas as regiões foi obtida, favorecendo esta retenção. Também não foram observadas bolhas na linha de cimentação, demonstrando um íntimo contato do cimento com a superfície do pino e com a superfície dentinária.

Em relação à análise das fraturas, deve ser enfatizado que o tipo mais predominante das falhas nos grupos com e sem o uso da CHX, nos três períodos experimentais (7 dias, 6 meses e 1 ano), foram adesivas entre cimento/adesivo e dentina, e mistas, envolvendo várias combinações de falhas adesivas entre cimento e dentina, cimento e pino, coesiva de cimento e coesiva de pino. Essa predominância de falhas adesivas pode implicar em dizer que o ponto fraco recai sobre a adesão estabelecida na interface do cimento resinoso/adesivo e a dentina radicular. Ainda, as falhas ocorridas desta forma podem ser atribuídas a um excesso de água residual na dentina radicular ou alguma degradação hidrolítica da resina na interface da camada híbrida. Pode-se dizer também que a adesão que ocorre entre o cimento resinoso/adesivo e a superfície dos pinos de fibra de vidro é mais forte que a resistência adesiva da interface da camada híbrida, mostrando a compatibilidade entre esses materiais.

Os períodos experimentais mostraram que não houve influência nos valores de resistência adesiva, com aumento apenas para o sistema adesivo convencional de dois passos, quando se comparou o resultado de um ano com o de sete dias.

A hipótese nula de que a clorexidina não interferiria na resistência adesiva em 7 dias, após 6 meses e 1 ano, foi rejeitada pelo fato de ter ocorrido uma diminuição de resistência apenas no grupo do sistema adesivo autocondicionante de dois passos em 7 dias e após 1 ano de armazenamento. Levando em consideração que não houve diminuições bruscas nos valores de resistência adesiva com o uso da solução de clorexidina 2% em todos os grupos do presente estudo, pode-se admitir que seu uso preserva a durabilidade de união das restaurações adesivas. No

entanto, mais estudos são necessários para esclarecer a reação do uso da clorexidina com os sistemas adesivos autocondicionantes.

A aplicação da solução de CHX após o condicionamento ácido, nos procedimentos que utilizam os sistemas adesivos convencionais, não pareceu ser um inconveniente durante a prática clínica. Portanto, o uso da clorexidina a 2% pode ser recomendado como irrigação final do conduto radicular após o condicionamento ácido, ou previamente à aplicação de sistemas adesivos autocondicionantes, para a cimentação de pinos de fibra de vidro com cimentos resinosos. Os resultados demonstram que o pré tratamento com a clorexidina, seguido da adequada secagem com cones de papel absorvente, não interferem a resistência de união à dentina radicular.

No entanto, o mecanismo exato da perda de resistência e união de restaurações adesivas, tanto imediatamente quanto a longo prazo, ainda não foi totalmente definido, levando à necessidade de futuras pesquisas.

Ainda, o uso dos sistemas adesivos que apresentam o passo isolado da resina hidrofóbica, como o convencional de três passos e o autocondicionante de dois passos, demonstraram resultados mais satisfatórios sendo, portanto, os SÃS de escolha para procedimentos adesivos em dentina radicular. A facilidade de uso do SA autocondicionante aliado aos resultados obtidos faz com que este sistema seja uma das melhores alternativas para a cimentação de pinos de resina reforçada por fibras. Por outro lado, apesar de apresentar uma técnica de aplicação mais sensível, o SA convencional de três passos demonstrou que seu uso também é satisfatório para essas situações.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste trabalho, pode-se concluir que:

- O uso da clorexidina afetou negativamente a resistência de união do sistema adesivo autocondicionante e não alterou os valores dos sistemas adesivos convencionais;
- O sistema adesivo autocondicionante de dois passos apresentou melhores valores de resistência adesiva frente ao sistema convencional de dois passos, e o sistema adesivo convencional de três passos mostrou valores constantes em todos os períodos e condições experimentais;
- os valores de resistência adesiva foram menores nos terços apicais de todos os grupos;
- o tempo não interferiu nos valores de resistência de união dos sistemas convencional de três passos e autocondicionante de dois passos.

Referências

REFERÊNCIAS

1. Aksornmuang J, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Effect of prolonged photo-irradiation time of three self-etch systems on the bonding to root canal dentine. *Journal of dentistry*. 2006;34(6):389-97.
2. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *Journal of dentistry*. 1999;27(4):275-8.
3. Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2006;95(3):218-23.
4. Bell AM, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallittu PK. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. *Journal of dentistry*. 2005;33(7):533-9.
5. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *International endodontic journal*. 2006;39(10):809-18.
6. Boskey AL. The role of extracellular matrix components in dentin mineralization. *Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists*. 1991;2(3):369-87.
7. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2003;19(3):199-205.
8. Breschi L, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Visintini E, Tjaderhane L, et al. Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: a 2-year in vitro study. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2010;26(4):320-5.
9. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *The International journal of prosthodontics*. 2008;21(4):328-36.
10. Cardoso PE, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. Adhesion testing with the microtensile method: effects of dental substrate and adhesive system on bond strength measurements. *The journal of adhesive dentistry*. 2002;4(4):291-7.
11. Carrilho MR. Can exogenous protease inhibitors control dentin matrix degradation? *Journal of dental research*. 2012;91(12):1099-102.
12. Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipolito V, Geraldeli S, Tay FR, et al. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. *Journal of dental research*. 2007a;86(1):90-4.
13. Carrilho MR, Geraldeli S, Tay F, de Goes MF, Carvalho RM, Tjaderhane L, et al. In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *Journal of dental research*. 2007b;86(6):529-33.

14. Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials*. 2005;26(9):1035-42.
15. Cecchin D, de Almeida JF, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC. Effect of chlorhexidine and ethanol on the durability of the adhesion of the fiber post relined with resin composite to the root canal. *Journal of endodontics*. 2011a;37(5):678-83.
16. Cecchin D, de Almeida JF, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC. Influence of chlorhexidine and ethanol on the bond strength and durability of the adhesion of the fiber posts to root dentin using a total etching adhesive system. *Journal of endodontics*. 2011b;37(9):1310-5.
17. Chersoni S, Acquaviva GL, Prati C, Ferrari M, Grandini S, Pashley DH, et al. In vivo fluid movement through dentin adhesives in endodontically treated teeth. *Journal of dental research*. 2005;84(3):223-7.
18. D'Arcangelo C, Zazzeroni S, D'Amario M, Vadini M, De Angelis F, Trubiani O, et al. Bond strengths of three types of fibre-reinforced post systems in various regions of root canals. *International endodontic journal*. 2008;41(4):322-8.
19. De Munck J, Van den Steen PE, Mine A, Van Landuyt KL, Poitevin A, Opdenakker G, et al. Inhibition of enzymatic degradation of adhesive-dentin interfaces. *Journal of dental research*. 2009;88(12):1101-6.
20. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *Journal of dental research*. 2003;82(2):136-40.
21. Dickinson DP. Cysteine peptidases of mammals: their biological roles and potential effects in the oral cavity and other tissues in health and disease. *Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists*. 2002;13(3):238-75.
22. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int*. 2008;39(2):117-29.
23. Dimitrouli M, Gunay H, Geurtsen W, Luhrs AK. Push-out strength of fiber posts depending on the type of root canal filling and resin cement. *Clinical oral investigations*. 2011;15(2):273-81.
24. Fabre HS, Fabre S, Cefaly DF, de Oliveira Carrilho MR, Garcia FC, Wang L. Water sorption and solubility of dentin bonding agents light-cured with different light sources. *Journal of dentistry*. 2007;35(3):253-8.
25. Faria e Silva AL, Arias VG, Soares LE, Martin AA, Martins LR. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. *Journal of endodontics*. 2007;33(3):303-5.

-
26. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal of dental research*. 1987;66(11):1636-9.
 27. Ferrari M, Mannocci F. A 'one-bottle' adhesive system for bonding a fibre post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interface. *International endodontic journal*. 2000;33(4):397-400.
 28. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjor IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *American journal of dentistry*. 2000a;13(5):255-60.
 29. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2001a;17(5):422-9.
 30. Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Goracci C. Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glass-fiber posts into root canals: an SEM investigation. *The International journal of prosthodontics*. 2001b;14(6):543-9.
 31. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *American journal of dentistry*. 2000b;13(Spec No):9B-13B.
 32. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Fatigue behaviour of different dentin adhesives. *Clinical oral investigations*. 1999;3(1):11-7.
 33. Garcia MB, Carrilho MR, Nor JE, Anauate-Netto C, Anido-Anido A, Amore R, et al. Chlorhexidine Inhibits the Proteolytic Activity of Root and Coronal Carious Dentin in vitro. *Caries research*. 2009;43(2):92-6.
 34. Gendron R, Grenier D, Sorsa T, Mayrand D. Inhibition of the activities of matrix metalloproteinases 2, 8, and 9 by chlorhexidine. *Clinical and diagnostic laboratory immunology*. 1999;6(3):437-9.
 35. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bertini F, Giuliani V. Translucent fiber post cementation using a light-curing adhesive/composite system: SEM analysis and pull-out test. *Journal of dentistry*. 2004;32(8):629-34.
 36. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications in fixed prosthodontics. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2003;90(1):31-41.
 37. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *Journal of dental research*. 2008;87(12):1122-6.
 38. Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *Journal of endodontics*. 2005a;31(8):608-12.
 39. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Australian dental journal*. 2011;56 Suppl 1:77-83.

40. Goracci C, Grandini S, Bossu M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *Journal of dentistry*. 2007;35(11):827-35.
41. Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2005b;21(5):437-44.
42. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European journal of oral sciences*. 2004;112(4):353-61.
43. Goto Y, Nicholls JI, Phillips KM, Junge T. Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;93(1):45-50.
44. Hannas AR, Pereira JC, Granjeiro JM, Tjaderhane L. The role of matrix metalloproteinases in the oral environment. *Acta odontologica Scandinavica*. 2007;65(1):1-13.
45. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials*. 2003;24(21):3795-803.
46. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, de Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, et al. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2006;22(6):560-8.
47. Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2006;22(5):477-85.
48. Hebling J, Pashley DH, Tjaderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. *Journal of dental research*. 2005;84(8):741-6.
49. Hiraishi N, Yiu CK, King NM, Tay FR. Effect of 2% chlorhexidine on dentin microtensile bond strengths and nanoleakage of luting cements. *Journal of dentistry*. 2009;37(6):440-8.
50. Kato MT, Hannas AR, Leite AL, Bolanho A, Zarella BL, Santos J, et al. Activity of matrix metalloproteinases in bovine versus human dentine. *Caries research*. 2011;45(5):429-34.
51. Kremeier K, Fasen L, Klaiber B, Hofmann N. Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2008;24(5):660-6.

-
52. Le Bell AM, Tanner J, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallittu PK. Depth of light-initiated polymerization of glass fiber-reinforced composite in a simulated root canal. *The International journal of prosthodontics*. 2003;16(4):403-8.
53. Leitune VC, Collares FM, Werner Samuel SM. Influence of chlorhexidine application at longitudinal push-out bond strength of fiber posts. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2010;110(5):e77-81.
54. Lindblad RM, Lassila LV, Salo V, Vallittu PK, Tjaderhane L. Effect of chlorhexidine on initial adhesion of fiber-reinforced post to root canal. *Journal of dentistry*. 2010;38(10):796-801.
55. Lindblad RM, Lassila LV, Salo V, Vallittu PK, Tjaderhane L. One year effect of chlorhexidine on bonding of fibre-reinforced composite root canal post to dentine. *Journal of dentistry*. 2012;40(9):718-22.
56. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2006;22(10):973-80.
57. Mannocci F, Bertelli E, Watson TF, Ford TP. Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *American journal of dentistry*. 2003;16(1):28-32.
58. Mannocci F, Qualtrough AJ, Worthington HV, Watson TF, Pitt Ford TR. Randomized clinical comparison of endodontically treated teeth restored with amalgam or with fiber posts and resin composite: five-year results. *Operative dentistry*. 2005a;30(1):9-15.
59. Mannocci F, Sherriff M, Watson TF, Vallittu PK. Penetration of bonding resins into fibre-reinforced composite posts: a confocal microscopic study. *International endodontic journal*. 2005b;38(1):46-51.
60. Martelli H, Jr., Pellizzer EP, Rosa BT, Lopes MB, Gonini A, Jr. Fracture resistance of structurally compromised root filled bovine teeth restored with accessory glass fibre posts. *International endodontic journal*. 2008;41(8):685-92.
61. Martin-De Las Heras S, Valenzuela A, Overall CM. The matrix metalloproteinase gelatinase A in human dentine. *Archives of oral biology*. 2000;45(9):757-65.
62. Mazzoni A, Nascimento FD, Carrilho M, Tersariol I, Papa V, Tjaderhane L, et al. MMP activity in the hybrid layer detected with in situ zymography. *Journal of dental research*. 2012;91(5):467-72.
63. Mazzoni A, Pashley DH, Nishitani Y, Breschi L, Mannello F, Tjaderhane L, et al. Reactivation of inactivated endogenous proteolytic activities in phosphoric acid-etched dentine by etch-and-rinse adhesives. *Biomaterials*. 2006;27(25):4470-6.
64. Monticelli F, Goracci C, Grandini S, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Scanning electron microscopic evaluation of fiber post-resin core units built up with different resin composites. *American journal of dentistry*. 2005;18(1):61-5.

65. Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *The International journal of prosthodontics*. 2003;16(6):593-6.
66. Monticelli F, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Ferrari M, Tay FR, et al. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials*. 2006;77(1):195-200.
67. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *Journal of endodontics*. 2001;27(12):753-7.
68. Nascimento FD, Minciotti CL, Geraldeli S, Carrilho MR, Pashley DH, Tay FR, et al. Cysteine cathepsins in human carious dentin. *Journal of dental research*. 2011;90(4):506-11.
69. Naumann M, Blankenstein F, Kiessling S, Dietrich T. Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. *European journal of oral sciences*. 2005;113(6):519-24.
70. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 1995;11(2):117-25.
71. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *Journal of dental research*. 2004;83(3):216-21.
72. Prisco D, De Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber post adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically-treated teeth. *Operative dentistry*. 2003;28(5):515-21.
73. Purton DG, Love RM, Chandler NP. Rigidity and retention of ceramic root canal posts. *Operative dentistry*. 2000;25(3):223-7.
74. Radovic I, Monticelli F, Papacchini F, Magni E, Cury AH, Vulicevic ZR, et al. Accelerated aging of adhesive-mediated fiber post-resin composite bonds: A modeling approach. *Journal of dentistry*. 2007;35(8):683-9.
75. Ricci HA, Sanabe ME, de Souza Costa CA, Pashley DH, Hebling J. Chlorhexidine increases the longevity of in vivo resin-dentin bonds. *European journal of oral sciences*. 2010;118(4):411-6.
76. Santos J, Carrilho M, Tervahartiala T, Sorsa T, Breschi L, Mazzoni A, et al. Determination of matrix metalloproteinases in human radicular dentin. *Journal of endodontics*. 2009;35(5):686-9.
77. Santos-Filho PC, Castro CG, Silva GR, Campos RE, Soares CJ. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *International endodontic journal*. 2008;41(6):493-501.

-
78. Scaffa PM, Vidal CM, Barros N, Gesteira TF, Carmona AK, Breschi L, et al. Chlorhexidine inhibits the activity of dental cysteine cathepsins. *Journal of dental research*. 2012;91(4):420-5.
79. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *Journal of endodontics*. 2004;30(5):289-301.
80. Sorsa T, Tjaderhane L, Salo T. Matrix metalloproteinases (MMPs) in oral diseases. *Oral diseases*. 2004;10(6):311-8.
81. Stanislawczuk R, Reis A, Loguercio AD. A 2-year in vitro evaluation of a chlorhexidine-containing acid on the durability of resin-dentin interfaces. *Journal of dentistry*. 2011;39(1):40-7.
82. Sulkala M, Tervahartiala T, Sorsa T, Larmas M, Salo T, Tjaderhane L. Matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) is the major collagenase in human dentin. *Archives of oral biology*. 2007;52(2):121-7.
83. Takahashi A, Sato Y, Uno S, Pereira PN, Sano H. Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2002;18(3):263-8.
84. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *Journal of endodontics*. 2005;31(8):584-9.
85. Teixeira EC, Teixeira FB, Piasick JR, Thompson JY. An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(7):1006-12.
86. Tersariol IL, Geraldeli S, Minciotti CL, Nascimento FD, Paakkonen V, Martins MT, et al. Cysteine cathepsins in human dentin-pulp complex. *Journal of endodontics*. 2010;36(3):475-81.
87. Tjaderhane L, Larjava H, Sorsa T, Uitto VJ, Larmas M, Salo T. The activation and function of host matrix metalloproteinases in dentin matrix breakdown in caries lesions. *Journal of dental research*. 1998;77(8):1622-9.
88. Turk B, Turk D, Turk V. Lysosomal cysteine proteases: more than scavengers. *Biochimica et biophysica acta*. 2000;1477(1-2):98-111.
89. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative dentistry*. 2003;28(3):215-35.
90. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin? *Journal of dental research*. 1997;76(6):1298-307.
91. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2000;83(4):412-7.

92. Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Comparison between two clinical procedures for bonding fiber posts into a root canal: a microscopic investigation. *Journal of endodontics*. 2002;28(5):355-60.
93. Wang L, Pinto TA, Silva LM, Araujo DF, Martins LM, Hannas AR, et al. Effect of 2% chlorhexidine digluconate on bond strength of a glass-fibre post to root dentine. *International endodontic journal*. 2013.
94. Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *Journal of dental research*. 2003;82(2):141-5.